

50252

(5750)

2002 JÚN 27.

50252



# ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK

A Magyar Biológiai Társaság Állattani Szakosztályának folyóirata

Alapítva  
1902

Szerkeszti

BAKONYI GÁBOR

**85. kötet**



MAGYAR BIOLÓGIAI TÁRSASÁG  
Budapest

**2000**



# ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK

A Magyar Biológiai Társaság Állattani Szakosztályának folyóirata

**85. kötet**

MAGYAR BIOLÓGIAI TÁRSASÁG  
Budapest

**2000**

Szerkesztő – Editor

**BAKONYI GÁBOR**

Szent István Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszék, H-2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Technikai szerkesztő – Technical Editor

**KISS ISTVÁN**

Szent István Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszék, H-2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Szerkesztőbizottság – Editorial Board

**Dévai György**

Debreceni Egyetem, Ökológiai Tanszék, H-4010 Debrecen, POB 71.

**Dózsa-Farkas Klára**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék, H-1088 Budapest, Puskin u. 3.

**Farkas János**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék, H-1088 Budapest, Puskin u. 3.

**Györffy György**

Szegedi Tudományegyetem, Ökológiai Tanszék, H-6722 Szeged, Egyetem u. 2.

**Hornung Erzsébet**

Szent István Egyetem, Ökológiai Tanszék, H-1077 Budapest, Rottenbiller u. 50.

**Korsós Zoltán**

Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, H-1088 Budapest, Baross u. 13.

**Mahunka Sándor**

Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, H-1088 Budapest, Baross u. 13.

**Majer József**

Pécsi Tudományegyetem, Általános és Alkalmazott Ökológiai Tanszék, H-7601 Pécs, Ifjúság útja 6.

**Ponyi Jenő**

Magyar Tudományos Akadémia Balatoni Limnológiai Kutató Intézete, H-8237 Tihany, Fürdőtelepi u. 3.

**Vásárhelyi Tamás**

Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, H-1088 Budapest, Baross u. 13.

**Zboray Géza**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állatszervezettani Tanszék, H-1088 Budapest, Puskin u. 3.

© Magyar Biológiai Társaság – Hungarian Biological Society, H-1027 Budapest, Fő u. 68.

Az Állattani Közlemények megjelentetését a Magyar Tudományos Akadémia és a  
Szent István Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszéke támogatja.

A kiadásért felel a  
Magyar Biológiai Társaság

Az Állattani Közlemények megrendelhető  
a Magyar Biológiai Társaság címen.

ISSN 0002-5658



## Elnöki köszöntő az Állattani Szakosztály 900. ülése elé\*

### Kedves Tagtársaink és Vendégeink!

A kilences szám nem egészen kerek, a kilencszázadik ülés mégis alkalom arra, hogy egy pillanatra megálljunk a mindennapi rohanásban, abban, amely évezredekkel látszik összemosni manapság, s amely a globalizálódás egyik kísérőjelenségének tűnik. Hogy megálljunk, és gondolkozunk a múlton és a jövőn.

Vannak itt közöttünk néhányan, akik az 500. ülésen is jelen voltak. Nekik és kortársaiknak nagyon sokat köszönhet az Állattani Szakosztály és a magyar zoológia. Nehéz évtizedekben művelték a tudományt, és viszonylagos elzártságban is megtartották a magyar zoológia világszínvonalú hagyományait. Érdemes elődeinkre, a Szakosztály történetének magyar zoológusaira gondolnunk. Illő dolog tisztelettel viseltetni halottaink iránt is, társulatunk azon kiváló tagjai iránt, akik közt nem kevesen a magyar és egyetemes zoológia nagy egyéniségei, alakjai. Amellett hogy respektált elődök, ők valóságos személyek, érdekes emberek is voltak. Némelyiküket még élő emlékezetünkben őrizzük, mások neve csak tankönyvekből, fajnevekből ismerős. Az előadóülés szakmai része után néhányukat megidézzük majd, nem az asztaltáncoltatás módszerével, hanem egy-egy személyükhöz kapcsolódó múzeumi tárggyal.

Nem kevésbé fontos azonban, hogy e kerek szám alkalmából ne csak a múltra, hanem a jelenre és a jövőre is figyeljünk. Örömmel üdvözljük azokat a fiatalabb zoológusokat, akik jelen vannak, vagy köztünk szoktak lenni, és akik szakmaszereteten, kitartásán, lelkesedésén és tehetségén múlik, hogy legyen 1000. ülés, és akik talán az 1100. sőt esetleg az 1500. ülés nagy, ünnepeelt öregjei lesznek.

Mostanában, a társadalmi változások és globális átalakulások, a robbanásszerű informatikai forradalom idején újra és újra felmerül a kérdés: van-e ilyen messzire vezető jövője az Állattani Szakosztálynak? Van-e egyáltalán jövője, s milyen az? Olyan stabil-e Szakosztályunk, hogy bizakodhatunk évtizedes fennmaradásában? Az évszázados múlt biztos gyökeret jelent, de vajon új hajtásokat is jelent-e? El-gondolkozunk ezeken a kérdéseken néha a szakmában.

Elhatároztam, hogy a mai – amint a programból is kitetszik, munkával ünneplő – ülésen a köszöntőben ennek jegyében felvázolok egy sajátos képet a Szakosztályról, mely újabb gondolatokra, reményeim szerint tettekre inspirál. A menedzsmentgyakorlatban használt helyzetelemzéshez folyamodtam, amit úgy is hívnak – íme egy globális beszűrődés –, hogy SWOT analízis. A szakosztály saját magában meglévő erősségeit és saját gyengesé-

---

\* Előadta a szerző az Állattani Szakosztály 900. ülésén (2000. január 12.).

geit sorolja fel, valamint a szakosztályt kívülről segítő lehetőségeket, illetve a minket fenyegető külső tényezőket veszi számba.

Egy táblázatba szokás foglalni az eredményeket, ezt fogom bemutatni. Nem akarok én most maradandó láttelepet adni a Szakosztályról. Nagyon sokféle szempontból (tudományos, tudánypolitikai, szervezeti, civil társadalmi, emberi, kollegiális stb.) értékelhetném a Szakosztályt, de ez túlmutatna egy ilyen köszöntő keretein.

Szeretném viszont a felsorolással valamennyiük figyelmét felhívni arra, hogy a Szakosztály léte, működése, boldogulása, a magyar zoológiában betöltött szerepe és nem utolsósorban a mi számunkra való hasznossága, kellemessége sok-tényezőn és végső soron rajtunk múlik. Más nem fogja helyettünk a feladatokat megoldani.

### **Erősségeink**

A tradíció, az eddig megtartott 899 ülés.

Az ülések rendszeressége.

Tagjaink szaktudása.

Tagjaink elkötelezettsége a szakma, a Szakosztály mellett.

A tagság létszáma.

A választmány változatos intézményi összetétele, szakmai hitele.

Folyóiratunk, az Állattani Közlemények, az egyik legrégebbi folyóirat a magyar tudományban.

A kutatási területek sokszínűsége.

### **Gyengeségeink**

A szervezeti lazaság.

Az előadóülések helyszíne nem a „miénk”.

Pénztelenség.

A nem felismert közös célok.

Témáink gyenge érdekérvényesítése a magyar tudományban, a magyar kultúrában.

A tagtársak kiszámíthatatlan jelenléte az üléseken.

Az egyéni kezdeményezések csekély száma.

### **Lehetőségek**

A MTESZ ernyőszervezetként nyújtott támogatásai.

A Magyar Biológiai Társaságban a többi szakosztállyal való közösség.

A civil társadalom öntudatra ébredése, önszerveződése Magyarországon.

A zoológusok saját érdekeinek jobb felismerése, közlése.

Közös (szakosztályi) projektek indítása, pályázás.

Az elektronikus kommunikáció előnyei (kevesen élünk vele).

Az emberi kapcsolatok a zoológián kívüli világgal.

Jól érzékelhető, fokozott egyéni és társadalmi érdeklődés a zoológia, valamint a természetvédelem és a környezetvédelem zoológiai kérdései iránt.

## **Fenyegetések**

A magyar nyelv jelentősége csökken a tudományban.

Az MBT-ernyő „kilyukadhat”.

A tudományfinanszírozás anomáliái nőnek.

A fogyasztói értékrend a pénzkeresetet sugallja, az emberi kapcsolatokat sekélyesíti.

A globalizáció teremtette (verseny)helyzet, melyben a „Hungaricum” jelentősége csökken.

Az elektronikus kommunikáció személytelenítő hatása.

A zoológia szakterületeinek divergálódása.

A piaci szemlélet további erősödése a társadalomban.

## **Kedves Tagtársaim!**

Rajtunk múlik, hogy ez a szakosztály milyen szerepet tölt be a mi életünkben.

Rajtunk múlik, hogy lesz-e Szakosztály a jövő évtizedekben.

Rajtunk múlik, hogy a következő években segíteni tudjuk-e tagtársainkat, magunkat abban, hogy csatlakozzunk Európa és a világ zoológusainak közösségeihez.

Rajtunk múlik, hogy eközben meg tudjuk-e őrizni nemzeti arculatunkat, marad-e a szükséges figyelmünk azokra a feladatokra, amelyeket mindenki a „Hungaricum”-kategóriába sorol, s amelyeknek elvégzése csak mitőlünk várható el.

Kívánom, hogy együtt örülhessünk az 1000. ülésnek egy szakmailag igényes, országon hasznos és elismert, ugyanakkor emberi kapcsolatokat is nyújtó Állattani Szakosztály tagjaiként!

*Dr. Vásárhelyi Tamás*



## Szalay-Marzsó László emlékezete

HALMÁGYI LEVENTE

H-2100 Gödöllő, Méhészet 8.

Szalay-Marzsó László 1929. augusztus 15-én Budapesten született, polgári családban. Középiskoláit a budapesti piarista gimnáziumban végezte. Egyetemi tanulmányait minden évben jeles átlageredménnyel a budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán, a biológia-kémia szakon végezte el 1947–1951 között. Középiskolai tanári oklevelét a gyakorló tanári év eltelte után, 1952-ben szerezte meg; 1958-ban doktortált „summa cum laude” minősítéssel az állatrendszertan, mikrobiológia és származástan tárgyakból.



**1. ábra.** Szalay-Marzsó László (1929–2000).  
**Figure 1.** László Szalay-Marzsó (1929–2000).

A mezőgazdasági tudományok kandidátusa fokozatot 1965-ben szerezte meg. Disszertációja a burgonya vírusos leromlásában döntő szerepet játszó *Myzus persicae* levéltetű populációdinamikájával, előrejelzésével és a burgonya levéltetű-faunájának egyéb tagjaival foglalkozott.

Bár egyetemi tanulmányai során a hidrobiológia vonzotta, gyakorló tanári működése után 1952-ben a Növényvédelmi Kutató Intézet Állattani Osztályára került, ahol 1984-ig segédmunkatársi, munkatársi, főmunkatársi, majd helyettes osztályvezetői beosztásban dolgozott. 1984-ben a Gödöllői Agrártudományi Egyetem Növényvédelemtani Tanszékére került, ahol a növényvédelmi állattan előadójaként egyetemi tanári beosztásban dolgozott nyugdíjazásáig.

Első nagyobb munkaterületét a Növényvédelmi Kutató Intézetben az amerikai fehér szövőlepke (*Hyphantria cunea*) gradológiájának, tápnövénykörének, diapauzájának kutatása és az ellene való védekezés kidolgozása jelentette. Az 1954 és 1955 nyarán a Nyíregyházán működő Hyphantria Kutató Laboratórium vezetésével is megbízták. A további években részt vett az almamoly (*Laspeyresia pomonella*) és a kaliforniai pajzstetű (*Quadraspidiotus perniciosus*) elleni kísérletekben, foglalkozott az erdei gyapjaspille (*Lymantria dispar*) gradológiájával, vírusos pusztításával és a kosárfüzültetvények kártevőegyüttesével, különös tekintettel a tarka füzormányosra (*Cryptorrhynchus lapathi*).

Fő kutatási területét azonban több évtizeden át a hazai levéltetvek (Aphidoidea) vizsgálata jelentette. Foglalkozott a fekete répalevéltetű, a kukoricagyökértetvek, paprikán, burgonyán, gabonaféléken és a gyümölcsfákon élő levéltetvek rendszertanával, populációdinamikájával és előrejelzésük kérdéseivel. A levéltetvek faunisztikai vizsgálata során – részben ALBERT PINTERA csehszlovák kutatóval és több hazai kutatóval – 105, a magyarországi faunára nézve új vagy ritka fajt mutatott ki. Ezek egy része kártevő. A levéltetvekkel kapcsolatos munkát az Állattani Osztály agrárökoszisztéma-kutatásának keretében, majd a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen tovább folytatta.

Az elmúlt évtizedekben ezután a legfontosabb rovarkártevők betegségeivel, a szelektív mikrobiológiai védekezésben felhasználható baktériumokkal és vírusokkal foglalkozott, így az almamoly-granulózis vírusával és nozemózisával, majd a munkatársaival helikopterese védekezési kísérleteket végzett a rovarpatogén *Bacillus thuringiensis* baktérium különböző törzseivel erdészeti kártevők ellen. Évekig intenzíven foglalkozott üzemi kísérletekben a *Bacillus thuringiensis* csipőszúnyoglárvákra speciálisan hatékony törzsével (H-14 szerotípus) a Balaton térségében.

1965–66-ban a Kaliforniai Egyetem Rovarpatológiai Intézetében (Berkeley) egyéves, a franciaországi Összehasonlító Patológiai Intézetben (St. Christol lez Alés) 1971-ben fél éves és a darmstadti Biológiai Védekezési Intézetben 1980-ban egy hónapos tanulmányúton vett részt. Angolul, franciául és németül is tudott.

Társszerzőkkel együtt készített, a szelektív erdővédelemmel, illetve szúnyogirtással kapcsolatos 3 pályaműve a Magyar Tudományos Akadémia és a Veszprémi Akadémiai Bizottság pályázatain kiemelt díjat nyert.

1992 májusában védte meg az MTA doktora címért benyújtott disszertációt, melynek címe: „Rovartani kutatások a kártevők elleni szelektív védekezés megalapozásához”.

Mindig aktívan vett részt a tudományos továbbképzésben és a tudományos minősítésben. Tagja volt a Tudományos Minősítő Bizottság Biológiai Szakbizottságának. Külföldi és hazai aspiránsok vezetője volt. Számos kandidátusi, PhD, MTA doktori védésen szerepelt, mint elnök, opponens stb. 1969 óta felelős szerkesztője volt a Növényvédelem című szakfolyóiratnak. Mindig csak a természet és a szakma érdekelte, a politika sohasem.

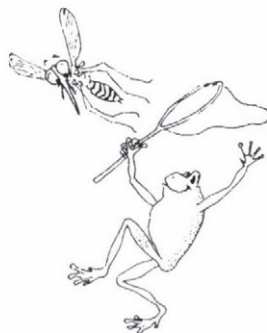
Számos tudományos társaságnak és bizottságnak, így többek között a Nemzetközi Rovarpatológiai Társaságnak, az OILB-MOBB Mikrobiológiai Védekezési Bizottságnak, a MAE Növényvédelmi Társaságnak, a Magyar Rovartani Társaságnak, a Magyar Biológiai Társaságnak, az Acta Phytopathologica et Entomologica szerkesztőbizottságának volt tagja. A Magyar Biológiai Társaság Állattani Szakosztályának egy cikluson át (1980–85) elnöke, a Magyar Biológiai Társaságnak egy cikluson át (1985–90) főtárgya volt.

Munkásságáért több elismerésben részesült, így a miniszteri kitüntetések mellett elnyerte a Magyar Rovartani Társaság FRIVALDSZKY érdemérem bronzfokozatát, a MAE aranykoszorús jelvényét („PRO RE RUSTICA PROMOVENDA”), az Agrártudományi Egyetem Kiváló Dolgozója kitüntetését, „Professzor Emeritus” címét.

Büszke volt arra, hogy a DUDICH-tanítványok közé tartozik. Amikor kedves DUDICH ENDRE professzorunk tiszteletére emléktáblát avattak az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, és az Állattani Szakosztály és a Magyar Rovartani Társaság közös emlékülésen idézte fel a nagy tudóst és nevelőt, személyes hangú nyitó beszédet mondott.

SZALAY-MARZSÓ László mindig kellemes modorú, legtöbbször vidám ember volt. Sok viccet ismert, s azokat élvezettel adta elő. Sohasem felejttem el, hogy amikor az MBT Állattani Szakosztály elnöke volt – s magam titkár –, az üléseket kis csengővel nyitotta meg, s mindig igyekezett jó hangulatot teremteni. A Magyar Biológiai Társaság főtitkáráként (ekkor magam főtitkárhelyettes voltam) minden nehéz helyzetet igazi úriemberként, tapasztalt, nagy tudású szakemberként viselt el. Pedig akkor bizony nem csak elismerést kaptunk. Akárhol dolgoztunk, akármit csináltunk együtt vagy külön, jó barátok voltunk.

Szeretett előadni, mert szerette az embereket, a hallgatókat. Igen jól és szívesen rajzolt. Előttem van a több könyvben idézett „A niche problémaköre” témájú Biológus Disputa füzet (Eger, 1987. június 1–3.). A címlap két verekedő egere kifejezi a disputa témáját (de nem a lefolyását). Ugyancsak magam előtt látom a „Levéltetvek a kertészetben” című könyvet, a szerző kitűnő levéltetűrajzaival.



2. ábra. Az általa készített, rá jellemzően vidám rajzok egyike.

Figure 2. One of his characteristic funny drawings.

A professzor sorsának, életvitelének nem tett jót, amikor 1995 januárjában elvesztette szeretett feleségét, sz. JUHÁSZ ENIKŐT, a környezetvédelmi oktatás ismert szakemberét.

SZALAY-MARZSÓ LÁSZLÓ 2000. október 30-án hunyt el, s november 17-én a budai Farkasréti temetőben nagy számú gyászoló részvételével helyezték örök nyugalomba.

A 20. század második felének kiemelkedő rovar- és növényvédelmi szakembere volt. Nemcsak kiváló kutatót és oktatót, hanem személyében egy melegszívű jó embert veszítettünk el. Emlékét megőrizzük.

**Köszönetnyilvánítás.** Az 1990 utáni publikációs lista kiegészítéséért KISS JÓZSEF kandidátus, egyetemi tanárnak és HOSSZÚ ZOLTÁNNÉ könyvtárosnak tartozom köszönettel (Szent István Egyetem, Növényvédelemtani Tanszék, Gödöllő)

## SZALAY-MARZSÓ LÁSZLÓ irodalmi munkássága

### Könyvek, könyvrészek, áttekintések

SZALAY-MARZSÓ L. (1964): A nemesfűzek károsítói, betegségei és az ellenük való védekezés. (In: BRÜNDL L. & TOMPA K.: A fűz.) Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 50–80.

SZALAY-MARZSÓ L. (1965): Levéltetvek (In: NAGY B. szerk: Gyümölcstermő növényeink kártevői és betegségei), Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 226–250.

SZALAY-MARZSÓ L. (1969): Levéltetvek a kertészetben. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 187.

- SZALAY-MARZSÓ L. & sz. JUHÁSZ ENIKŐ (1972): Grizzlymedvék, mammutfenyők, gejzírek világában. – Natura. pp. 263.
- HALMAGYI L. & SZALAY-MARZSÓ L. (1983): Biológiai védekezőszer: a *Bacillus thuringiensis*. Biológia Aktuális Problémái, Medicina Kiadó, Budapest. pp. 117–136.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1988): Fatetvek (Psocoptera) (In: JERMY T.–BALÁZS K. (szerk.): Növényvédelmi Állattan Kézikönyve, Akadémiai Kiadó, Budapest. I. pp. 278–283.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1989): Levéltetvek (Aphidoidea) (In: JERMY T. & BALÁZS K. (szerk.): Növényvédelmi Állattan Kézikönyve, Akadémiai Kiadó, Budapest II. pp. 88–193.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1990): Tarka füzormányos (*Cryptorrhynchus lapathi* L.) (In: JERMY T.–BALÁZS K. (szerk.): Növényvédelmi Állattan Kézikönyve, Akadémiai Kiadó, Budapest III. pp. 495–500.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1990): A környezetkímélő növényvédelem lehetőségei és feladatai. Környezetvédelmi Követelmények a Mezőgazdaságban. Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Minisztérium kiadv. 4: 45–49.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1999): Levéltetvek – Aphidoidea. (In: Tóth J. szerk: Erdészeti rovartan) AGRO-IFORM K. pp. 155–176.
- SZELEGIEWICZ H. & SZALAY-MARZSÓ L. (2000): Levéltetvek – Aphidinea IV. Fauna Hung. 173. XVII/21. 129 pp.

### *Dolgozatok, szakcikkek, jegyzetek*

- REICHART G. & SZALAY-MARZSÓ L. (1953): Az amerikai fehér szövőlepke elleni védekezési kísérletek (*Hyphantria cunea* Drury). – Növénytermelés II. 4: 259–310.
- REICHART G. & SZALAY-MARZSÓ L. (1954): Védekezési kísérletek az amerikai fehér szövőlepke (*Hyphantria cunea* Drury) ellen. – A Növényvédelem Időszerű Kérdései I.: 20–27.
- REICHART G. & SZALAY-MARZSÓ L. (1954): Die Versuche des Jahres 1953 zur Bekämpfung des amerikanischen weissen Bärenspinners (*Hyphantria cunea* Drury). – Acta Agron. Ac.Sci.Hung. IV. 3.:279–312
- SZALAY-MARZSÓ L. (1955): Az amerikai fehér szövőlepke (*Hyphantria cunea* Drury) tápnövényei és életképessége közötti összefüggések vizsgálata. – MTA Agrártud. Oszt. Közl. VIII. 1–2.: 45–50.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1956): A répilevéltetű (*Doralis fabae* Scop.) és az 1955 nyarán vele kapcsolatos vizsgálatok. – Cukoripar IX. 5.: 91–93.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1957): Populációdinamikai vizsgálatok egy répaföld répilevéltetű (*Doralis fabae* Scop.) állományán. – Annales Inst. Prot. Plant. Hung. VI: 91–107.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1957): Az amerikai fehér szövőlepke (*Hyphantria cunea* Drury) élősködői a Nyírségben 1954 nyarán. – Annales Inst. Prot. Plant. Hung. VII: 185–190.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1957): Az erdei gyárpaspille (*Lymantria dispar* L.) tömegszaporodásával kapcsolatos megfigyelések 1954 és 1955 nyarán a nyíregyházi erdőben. – Annales Inst. Prot. Plant. Hung. VII.: 113–154.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1957): Tápnövénycsere vizsgálatok amerikai fehér szövőlepke (*Hyphantria cunea* Drury) hernyókon. – Folia Ent. Hung. 20: 407–409.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1957): Eine neue Aberration der Curculioniden – Art *Sphenophorus piceus* Pallas aus Ungarn. – Folia Ent. Hung. 20: 409–410.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1958): Populationsdynamische Untersuchungen an Rübenblattlaus (*Aphis* = *Doralis fabae* Scop.) Beständen in Ungarn in den Jahren 1955 und 1956. –Acta Agron. Ac. Sci. Hung. VII. 4–5: 187–211.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1958): Morphologie und Biologie des *Sphenophorus striatopunctatus* Goeze (Lieschgrasrüssler). – Acta Zool. Ac. Sci. Hung. IV. 1–2: 211–252.
- SZALAY-MARZSÓ L. & REICHART G. (1959): Az amerikai fehér szövőlepke (*Hyphantria cunea* Drury) elleni nagyüzemi védekezési kísérletek. – Kísérletügyi Közl. III: 43–67.



- SOLYMOSY F. & SZALAY-MARZSÓ L. (1959): A fűszerpaprika újítúségének epidemiológiai vizsgálata, különös tekintettel a levéltetűvektorok populációdinamikájára. – Növénytermesztés, VIII. 2: 145–156.
- SZALAY-MARZSÓ L. & JENSER G. (1959): Növényvédőszerk hatása a vértetűfűrkész (*Aphelinus mali* Hald.) tevékenységére. – A Növényvédelem Időszéri Kérdései 3: 43–46.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1959): Adatok a tarka fűzormányos (*Cryptorrhynchus lapathi* L.) populációdinamikájának ismeretéhez és az ellene végzett védekezési kísérletek. – Az Erdő 8: 314–320.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1960): Adatok a tarka fűzormányos (*Cryptorrhynchus lapathi* L.) populációdinamikájának és a hazai nemesfűz telepek életközösségének ismeretéhez. – Állattani Közl. 3–4: 169–187.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1960): Angaben zur Kenntnis der Virusüberträger des Paprika in Ungarn. – Wiss. Pflanzenschutzkonf. d. Forschungsinst. f. Pflanzenschutz Budapest, pp. 371–378.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1961): Adatok a tarka fűzormányos (*Cryptorrhynchus lapathi* L.) tápnövényeinek ismeretéhez. – Annales Inst. Prot. Plant. Hung. VIII: 231–248.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1961): A burgonyatáblák levéltetűfaunája és a burgonya vírusos leromlása. – Növénytermelés 10. 4: 351–360.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1961): Védekezési kísérletek az amerikai fehér szövölepke (*Hyphantria cunea* Drury) ellen az 1959–1961. években. – Kísérletügyi Közl. LV/C. 2: 45–60.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1961): Új levéltetű-kártevő hazánkban, *Rhopalosiphoninus latysiphon* Dav. – Magyar Mezőg. 19: 11.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1962): Zur Morphologie, Biologie und Bekämpfung des Erlenwürgers *Cryptorrhynchus lapathi* L. (Col. Curculionidae) in Ungarn. – Zeitschr.f. angew. Entomologie, 49. 2: 163–194.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1962): Schädigungen des Weidenwürgers *Cryptorrhynchus lapathi* L. (Col. Curculionidae) in Ungarn und die Möglichkeiten seiner Bekämpfung. – Acta Agron. Ac. Sci. Hung. XI. 3–4: 217–238.
- SZALAY-MARZSÓ L. & SOLYMOSY F. (1962): Untersuchungen über die Blattlausvektoren des Gurkenmosaikvirus (GMV) an Paprika in Ungarn. – Acta Agron. Ac. Sci. Hung. XI. 3–4: 329–343.
- PINTERA, A. & SZALAY-MARZSÓ L. (1962): Neuere Angaben zur Kenntnis der Blattlaus- (Aphidoidea) Fauna Ungarns. – Acta Zool. Ac. Sci. Hung. VIII. 1–2: 127–133.
- SOLYMOSY F. & SZALAY-MARZSÓ L. (1962): Beiträge zur Epidemiologie des Gurkenmosaikvirus in Paprikakulturen. – Nachrichtenbl. f. d. Deutsch. Pflanzenschutzdienst XVI: 117–119.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1962): A kukorica levéltetvei. – Magyar Mezőg. 17. 52: 14–15.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1962): A burgonya vírusterjesztő levéltetveinek vizsgálata 1961-ben. – Agrártud. Egy. Kiadv. pp. 18–26.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1962): A burgonya vírusbetegségeit terjesztő levéltetvek vizsgálata 1961-ben. – Kísérletügyi Közl. 6: 18–23.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1962): Levéltetveink természetes rovarellenségei. Természettud. Közl. 6: 18–23.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1962): Untersuchungen über die an Maiswurzel lebenden Aphideart *Tetraneura ulmi* L. in Ungarn. – Folia Ent. Hung. 15: 275–286.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1962): Studies on potato aphids in Hungary. Proc. 5<sup>th</sup> Conf. Czechoslov. – Plant Virologists, Praha pp. 265–269.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1963): Schädigungen von *Coenorhinus aeneovirens* Marsh. (Col. Attelabidae) an Korbweiden. – Anzeiger f. Schädlingkunde, 35 4: 51–53.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1963): Prognoza występowania szkodnika wikliny *Cryptorrhynchus lapathi* L. i doswiadczenia nad wytrzymał scia larw tego owada na zimno. – Sylwan 107 1: 15–20.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1963): Zur Kenntnis des an Korbweide schädlichen *Lepyryus palustris* Scop. (Col. Curculionidae). – Anzeiger f. Schädlingkunde, 36. 12: 189–193.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1963): Schädigungen durch den Weidenwürger (*Cryptorrhynchus lapathi* L.) in Ungarn. – Soz. Forstwirtschaft 4: 127–128.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1964): Beiträge zur Kenntnis der phytophagen Insekten der Korbweidenheger in Ungarn. – Annales Inst. Prot. Plant. Hung. 9: 47–63.

- SZALAY-MARZSÓ L. (1965): A hajtatóházakban, pincékben élő levéltetvekről. – Magyar Mezőg. 20. 12: 13–14.
- DOHY J., BORUS J. & SZALAY-MARZSÓ L. (1965): A burgonyán élő levéltetvek vizsgálata 1962-ben és az ellenük végzett védekezési kísérletek. – MTA Agrártud. Közl. XXIV: 107–124.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1968): A rovarpatológia felhasználása a növényvédelemben. – Parasit. Hung. 1., 3: 169–174.
- SZALAY-MARZSÓ L. & NAGY F. (1969): A burgonyabogár (*Leptinotarsa decemlineata* Say) elleni védekezés *Solanum laciniatum* kultúrákban. – Herba Hung. 8. 3: 93–99.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1969): A „100 növény” módszer és annak kritikája. – XIX. Növényvéd. Tud. Ért. Budapest, pp. 419–420.
- SZALAY-MARZSÓ L. & ANDRÁSFALVY P. (1970): Faunistical data on Hungarian aphids living on fruit trees and shrubs. – Folia Ent. Hung. 23. 5: 122–140.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1970): Adatok a hazai gabonalevéltetvek ismeretéhez. – Növényvédelem 6. 6: 244–250.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1970): The Myzus persicae Sulz. Observation network and forecasting in seed potato production in Hungary. – Eppo publ. Ser. A. 57: 159–161.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1971): Effect of fungicides and insecticides on the biological activity of *Bacillus thuringiensis* Berl. preparations. – Acta Phytopath. Ac. Sci. Hung. 6. 1–4: 295–307.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1971): A lucfenyő gubacsstetűről. – Növényvédelem 7. 4: 186–188.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1971): A levélpirosító almalevéltetvekről (*Dysaphis* spp.). – Növényvédelem 7. 3: 97–100.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1972): Az almamoly (*Laspeyresia pomonella* L.) granulózisvírusának kórszövettani és sejttani vizsgálata. – Növényvédelem 8: 343–349.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1972): Az almamoly (*Laspeyresia pomonella* L.) granulózisvírusának lúgos inaktiválása és az almamoly laboratórium tenyésztésének egyes higiéniai kérdései. – Növényvédelem 8: 402–408.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1972): Biology and control of the fall webworm (*Hyphantria cunea* Drury) in the Middle- and East European countries. – EPPO Bulletin 3: 25–35.
- SZALAY-MARZSÓ L., KOVÁCS V. & BÁNK L. (1973): A gabonalevéltetű elleni védekezés tapasztalatai Hajdú-Bihar megyében. – Növényvédelem 9. 7: 327–328.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1973): Az almafa vértetű (*Eriosoma lanigerum* Hausm.) és biológiája. – Növényvédelem 9. 6: 281–283.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1974): *Nosema carpocapsae* Paillot, az almamoly kórokozója Magyarországon. – Növényvédelem 10. 12: 529–534.
- SZALAY-MARZSÓ L. & HALMÁGYI L. (1975): Lehetőségek és problémák az integrált növényvédelemben. – Az Erdő 24. 4: 158–161.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1975): Az integrált védekezés lehetőségei. – CPS Bulletin 2. 5: 6.
- SZALAY-MARZSÓ L. & KUTI S. (1977): Tulipánon károsító új levéltetűfaj (*Dysaphis tulipae* B. d. F.) megjelenése Magyarországon. – Növényvédelem 13. 6: 283–284.
- SZALAY-MARZSÓ L. & DEZSÉRY M. (1975): Az almamoly (*Laspeyresia pomonella* L.) granulózisvírusának szabadföldi előfordulása. – Növényvédelem 11. 12: 542–544.
- SZALAY-MARZSÓ L. & VAGO, C. (1975): Transmission of Baculovirus by mites; study of granulosus virus of codling moth, *Laspeyresia pomonella* L. – Acta Phytopath. Ac. Sci. Hung. 10: 113–122.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1975): *Nosema carpocapsae* Paillot, infecting the codling moth (*Laspeyresia pomonella* L.) in Hungary. – XIII. Internat. Plant Prot. Congr. Moscow pp. 169–170.
- SZALAY-MARZSÓ L. & POLGÁR L. (1976): Új levéltetűfaj megjelenése Magyarországon (*Idiopterus nephrolepidis* Dav.). – Növényvédelem 12. 6: 282–283.
- SZALAY-MARZSÓ L. & HALMÁGYI L. (1976): Biológiai és vegyszeres védekezési módszerek hatása a tölgyerdők életközösségére. – Mezőg. Repülés 1: 26–28.
- SZALAY-MARZSÓ L., HALMÁGYI L. & LENGYEL GY. (1976): Mikrobiológiai és vegyszeres védekezési módszerek összehasonlítása tölgyerdőkben. – Növényvédelem, 12. 8: 337–348.

- HALMÁGYI L., LENGYEL GY. & SZALAY-MARZSÓ L. (1976): Mikrobiológiai és vegyszeres védekezési módszerek hatása tölgyerdők életközösségére. – XII. Biológiai Vándorgyűlés előadaskivonatai. Debrecen aug. 26–28: 266–268.
- HALMÁGYI L. & SZALAY-MARZSÓ L. (1976): Korszerű erdővédelem. – Természet Világa 107: 371–376.
- HALMÁGYI L. & SZALAY-MARZSÓ L. (1977): Spórából permetlé. – Magyarország 14(2): 22.
- HALMÁGYI L. & SZALAY-MARZSÓ L. (1977): A biológiai védekezés hatásos új módszere. *Bacillus thuringiensis* a magyarországi erdők védelmére. – Búvár 32: 58–62.
- HALMÁGYI L., LENGYEL GY. & SZALAY-MARZSÓ L. (1977): A biológiai és vegyszeres védekezési kísérletek gyapjaspille (*Lymantria dispar* L.) ellen Mendén. – Növényvédelem, 13. 9:393–398.
- SZALAY-MARZSÓ L., HALMÁGYI L. & LENGYEL GY. (1977): A biológiai védekezés eddigi eredményei és további lehetőségei az erdészeti kártevők ellen Magyarországon. – Veszprémi Akad. Biz. Értesítő 2: 160–161.
- HALMÁGYI L., LENGYEL GY. & SZALAY-MARZSÓ L. (1978): Biopreparátumos és vegyszeres védekezési módszerek hatása a gyapjaspillére és a tölgyerdők ökoszisztémájára. – MTA Agrártud. Oszt. Közl. 37: 117–129.
- SZALAY-MARZSÓ L. & DEZSÉRY M. (1978): A possible viral pathogen of *Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. Trans. – X. Internat. Coll. Invertebr. Path., Pragus, 107.
- HALMÁGYI L., LENGYEL GY. & SZALAY-MARZSÓ L. (1978): Szravitelnaja ocenka mikrobiologiceszkij i himiceszkij metodov borbü pri gradacii *Lymantria dispar* L. – Problemü biologiceszkij borbü sz vrediteljami lesza. Naucsn. Isszled. Inszt. Leszn. Hoz., Warszawa, pp. 115–118.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1978): An optical insect activity recorder developed in Hungary to measure the activity levels of different codling moth populations. – Mitt. Biol. Bundesanst. f. Land- u. Forstw. 180: 34–35.
- JERMY T., NAGY B., SZALAY-MARZSÓ L., REICHART G. & KOZÁR F. (1978): Studies on the codling moth (*Laspeyresia pomonella* L.) and other apple pests in Hungary with regard to the possibilities of including the sterile insect technique into an integrated control scheme. – Mitt. Biol. Bundesanst. f. Land- u. Forstw. 180: 9–11.
- SZALAY-MARZSÓ L. & SZÁNTÓ J. (1979): *Bacillus thuringiensis* hatásának vizsgálata természetes élővizek izeltlábú faunáján. – Növényvédelem 15. 6: 251–254.
- MESZLENY A. & SZALAY-MARZSÓ L. (1979): Studies on aphids (Homoptera, Aphidina) in apple orchards, with particular emphasis on their flight dynamics and natural control factors (Studies in apple ecosystems No. 6.). – Acta Phytopathol. Ac. Sci. Hung. 14. 3–4: 465–473.
- KOZÁR F., SZALAY-MARZSÓ L. & MESZLENY A. & LÖVEI G. & SZABÓ S. (1979): Adatok a vértetű (*Eriosoma lanigerum* Hausm., Homoptera: Aphidina) populációdinamikájához és az almafák fajtaérzékenységéhez (Alma ökoszisztéma vizsgálatok No. 5). – Növényvédelem 15. 12: 545–549.
- JENSER G., MESZLENY A. & SZALAY-MARZSÓ L. (1980): Study on the flight activity of aphid vectors of plum pox virus. – Acta Phytopath. Ac. Sci. Hung. 15. 1–4: 397–401.
- SIMONOVITS E., MONOSTORI K. & SZALAY-MARZSÓ L. (1980): Some observations on production of *Bacillus thuringiensis* biopreparations. Conf. on New Endeavours in Plant Prot., Budapest, p. 104.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1980): Observations on aphid flight in Hungarian apple orchards in 1978–1979. – Conf. on New Endeavours in Plant Prot., Budapest, p. 80.
- HALMÁGYI L., FODOR S. & SZALAY-MARZSÓ L. (1980): Microbial control experiment against *Stilpnotia salicis*, pest of poplar stands in Northwest Hungary. – Conf. on New Endeavours in Plant Prot., Budapest, p. 110.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1981): A kukorica rovaregyüttesének vizsgálata hagyományos és monokultúrás termesztés körülményei között. – Nemzetközi Növényterm. Szimp. Debrecen, pp. 45–46.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1981): Study of selectivity of *Bacillus thuringiensis* in forest ecosystems. Ist Egypt. – Hungarian Conf. on Plant Prot., Budapest, p. 8.
- MESZLENY A., SZALAY-MARZSÓ L. & JENSER G. (1981): Levéltetvek tömeges gyűjtése szivócsapdákkal 1978-ban (Alma ökoszisztéma kutatások No. 13). – Állattani Közl. 68: 99–107.

- MESZLENY A. & SZALAY-MARZSÓ L. (1981): A *Myzus ascalonicus* Do. és egyéb, a hazai faunára új levélteleűfajok felbukkanása. – *Növényvédelem* 17. 1: 45–46.
- SZALAY-MARZSÓ L., HALMÁGYI L. & FODOR S. (1981): Microbial control experiments against *Stilpnotia salicis* L., pest of poplar stands in Northwest Hungary. – *Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung.* 16: 189.
- MESZLENY A., SZALAY-MARZSÓ L. & JENSER G. (1981): Observations on aphid flight in Hungarian orchards in 1978–1979. – *Acta Phytopath. Ac. Sci. Hung.* 16. 3–4: 433–445.
- SZALAY-MARZSÓ L. & HALMÁGYI L. (1981): Study of selectivity of *Bacillus thuringiensis* Berliner in a forest ecosystem. *Proc. 1st Egypt. – Hungarian Conf. on Plant Prot., Budapest*, pp. 54–59.
- SZALAY-MARZSÓ L. & MESZLENY A. (1981): Meszto mer borbü protiv tlei v integrirovannoj zascsite jabloni. – *Symp. „Ekolog. Obosznov geneticseszkih metodov borbü sz jablonnoj plodozorskoi i drugimi vrediteljami” SZEK Koord. Centr., Pozman*, pp. 21–24.
- LESKÖ K., LUKÁCS V. & SZALAY-MARZSÓ L. (1982): Biológiai és vegyszeres védekezési kísérletek lombbrágó kártevők ellen a selyei tölgyesekben. – *Növényvédelem* 13. 9: 401–407.
- HALMÁGYI L. & SZALAY-MARZSÓ L. (1982): Helikopteres kísérletek erdővédelmi és zoológiai eredményei. – *Állattani Közl.* 69: 99–104.
- GHARIB A. H. & SZALAY-MARZSÓ L. (1982): Field experiments with two formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* as a mosquito control agent. *Proc. 2<sup>nd</sup> Egypt. – Hungarian Conf. on Plant Prot., Alexandria*, pp. 443–457.
- SZALAY-MARZSÓ L. & GHARIB A. H. (1982): Field experiments with two formulations of *Bacillus thuringiensis* H-14 serotype against mosquito larvae. *Proc. 2<sup>nd</sup> Egypt. – Hungarian Conf. on Plant Prot., Alexandria*, pp. 481–491.
- AL FAZAIRY A. & SZALAY-MARZSÓ L. (1983): Isolation and identification of protozoan pathogens of certain stored product pests in Hungary. *Proc. 3<sup>rd</sup> Egypt. – Hungarian Conf. on Plant Prot., Budapest*, pp. 25–26.
- SZALAY-MARZSÓ L. & GHARIB A. (1983): Effectivity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (H-14 serotype) against mosquito larvae and non-target organisms, with special regard to chironomids. – *Abstr. Internat. Conf. on Integr. Plant Prot., Budapest*, p. 155.
- DULINAFKA GY., DARVAS B., DEZSÉRY M., GYULAI P., MEZŐ G. & SZALAY-MARZSÓ L. (1983): Control of the European pine sawfly (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) by virus. – *Abstr. Internat. Conf. on Integrated Plant Prot., Budapest*, pp. 7–10.
- KOZÁR F., ÁDÁM L., BALÁZS K., BENEDEK I., CSIKAI CS., D.DRASKOVITS Á., MESZLENY A., MÉSZÁROS Z., MIHÁLYI K., NAGY L., PAPP J., POLGÁR L., RADWAN Z., RÁCZ L., RONKAY L., SOÓS Á., SZABÓ S., SZABÓKY CS., SZALAY-MARZSÓ L., SZARUKÁN I., SZELÉNYI G., SZENTKIRÁLYI F., SZIRÁKI GY. & TÖRÖK L. (1983): Az állatok fajszerájának változásai almában és kukoricában különböző termesztési viszonyok között. – *Növényvédelem* 19. 9: 385–391.
- MÉSZÁROS Z. (ed.), ÁDÁM L., BALÁZS K., BENEDEK I., D.DRASKOVITS Á., KOZÁR F., LÖVEI G., MAHUNKA S., MESZLENY A., MIHÁLYI K., NAGY L., PAPP J., PAPP L., POLGÁR L., RÁCZ V., RONKAY L., SOÓS Á., SZABÓ S., SZABÓKY CS., SZALAY-MARZSÓ L., SZARUKÁN I., SZELÉNYI G. & SZENTKIRÁLYI F. (1984): Results of faunistical studies in Hungarian maize stands (Maize ecosystem research No. 16). – *Acta Phytopath. Ac. Sci. Hung.* 19. 1–2: 65–90.
- MÉSZÁROS Z. (ed.), ÁDÁM L., BALÁZS K., BENEDEK I., CSIKAI CS., D.DRASKOVITS Á., KOZÁR F., LÖVEI G., MAHUNKA S., MESZLENY A., MIHÁLYI K., MIHÁLYI F., NAGY L., OLÁH B., PAPP J., PAPP L., POLGÁR L., RADWAN Z., RÁCZ V., RONKAY L., SOLYMOSSI F., SOÓS Á., SZABÓ S., SZABÓKY CS., SZALAY-MARZSÓ L., SZARUKÁN I., SZELÉNYI G., SZENTKIRÁLYI F., SZIRÁKI GY., SZÖKE L. & TÖRÖK J. (1984): Results of faunistical and floristical studies in Hungarian apple orchards (Apple ecosystem research No. 26). – *Acta Phytopath. Ac. Sci. Hung.* 19. 1–2: 91–176.
- SZALAY-MARZSÓ L. & HORVÁTH Z. (1984): *Aphis nerii* B.d.f., az oleánder-levélteleű megjelenése Magyarországon. – *Növényvédelem*, 20. 3: 120–121.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1984): Rezultati primenenija mikrobiologicseszkovo metoda borbü protiv komarov. – *Szbornik doklad. Szimp. KNTSZ-12. Rütro-Poznan*, 157: 107–118.

- SZALAY-MARZSÓ L. (1985): A *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* szelektivitásának vizsgálata természetes élővízekben. – *Növényvédelem* 21. 10: 442–446.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1986): Present situation, results and future of the microbial control of insect pests. – 17<sup>th</sup> Congr. of Hung. Biol. Society, Szeged, pp. 101–103.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1986): Experiments with *Bacillus thuringiensis* H-14 serotype against mosquitoes in 1985. – 1st International Conf. of Dipterology, Vol. 1, pp. 86–88.
- LESKÓ K., SZALAY-MARZSÓ L. & LUKÁCS V. (1986): Az aranyfarú pille (*Euproctis chrysorrhoea* L.) életmódja és az ellene való védekezés korszerű módszerei. – *Növényvédelem* 12. 5: 224–227.
- BASKY ZS. & SZALAY-MARZSÓ L. (1987): Study of isolation mechanisms in the *Hyalopterus pruni* and *Hyalopterus amygdali* complex. Proc. Internat. Symp. „Population Structure, Genetics and Taxonomy of Aphids and Thysanoptera”, Smolenice, – SPB Acad. Publ. Comp., pp. 370–376.
- SZALAY-MARZSÓ L. & VÁSÁRHELYI T. (1987): *Rhopalomyzus lonicerae* – Új levéltetűfaj a magyar faunában. – *Folia. Ent. Hung.* p. 300.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1988): Possibility of biological control of mosquitoes in Lake Balaton. – Proc. 18<sup>th</sup> Congr. Biol. Soc., Budapest, p. 87.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1990): Aphid species eaten by frogs. – *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.* 25. 1/4: 185–196.
- HALTRICH A., SZALAY-MARZSÓ L. & VAS J. (1992): Adatok a *Cinara tujaefilina* del Guercio (Hom.: Lachnidae) hazai elterjedéséhez és életmódjához. – *Növényvédelem* 28: 491–494.
- BOZSIK A. & SZALAY-MARZSÓ L. (1992): Insekten-toxikologische und hemolytische Charakterisierung von verschiedenen *Bacillus thuringiensis* H-14 Toxin-Fraktionen. – Tagungsband. Symp. Ergebn. zehnjährigen wiss. Partnerschaft Justus-Liebig-Univ. Giessen. – Agrarwiss. Univ. pp. 236–270.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1992): Possible side effects of large agricultural monocultures on the pests of crop plants. – Agric. Envir. East. Eur. a. Netherlands, Cong. – Wageningen pp. 292–295.
- SZALAY-MARZSÓ L. & GHARIB A. H. (1992): Field experiments with two formulations of *Bacillus thuringiensis* H-14 serotype against mosquito larvae. – Proc. 2<sup>nd</sup> Egypt. – Hung. Conf. Plant Prot. pp. 481–491.
- BOZSIK A., KISS P., FÁBIÁN F., SAJGÓ M., SZALAY-MARZSÓ L. & BUIÁKI G. (1992): Characterisation of the fractions of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* toxin. – First Egypt.–Ital. Symp. Biotechn. Assiut. Egypt. Abstr. p. 138.
- BOZSIK A., SZALAY-MARZSÓ L., KISS P., FÁBIÁN F. & SAJGÓ M. (1992): Insekten toxikologische und hämolytische Charakterisierung von verschiedenen Toxin-Fraktionen des *Bacillus thuringiensis* H-14. – *Ergebn. zehnjähr. wiss. Partnerschaft Justus Liebig Univ. Giessen* pp. 256–270.
- RIPKA G. & SZALAY-MARZSÓ L. (1993): A díszfák és díszcserjék levéltetű faunája a Fővárosban. – *Növényvédelem* 29: 564–568.
- BOZSIK A., KISS F., FÁBIÁN F., SZALAY-MARZSÓ L. & SAJGÓ M. (1993): Insect. haemol. Charact. fract. *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* toxin. – *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 28: 451–460.
- SZALAY-MARZSÓ L. (1993): Possible side effects of large agricultural monocultures on the pests of crop plants. – *Agricult. Environment. East. Eur. Nederl., Wageningen* pp. 292–296.
- SZALAY-MARZSÓ L., RIPKA G. & REIDERNE SÁLY K. (1993): A díszfák és díszcserjék levéltetű faunája Budapest közterületein. – *MAE Növényeg. Talajv. Áll.* p. 59.
- HALMÁGYI L. & SZALAY-MARZSÓ L. (1993): A 100. évforduló emlékéiről. – *Állatt. Közl.* 79: 135–136.
- BÍRÓ F., BUIÁKI G., GILLY A., HUZIÁN L., KISS J., KOPPÁNYI M., PETRÓCZI I., SZALAY-MARZSÓ L., TÓTH I. NÉ, TÓTH I. & ZSEMBERY S. (1993): *Növényvédelem* II/1–2. – GATE 543 pp. (jegyzet)
- BUIÁKI G., PIUKOVICS L. & SZALAY-MARZSÓ L. (1994): The role of *leucopis glyphinivora* tanasijthuk (Diptera: Chamaemyiidae) in controlling *Aphis fabae* Scop. on sunflower. – 5<sup>th</sup> Eur. Cong. Entomol. Univ. York. UK. p. 257.
- HORVÁTH Z., BUIÁKI G. & SZALAY-MARZSÓ L. (1994): Biological and genetical control methods against the sunflower moth. *Homoeosoma nebulellum* HB. – 5<sup>th</sup> Eur. Cong. Entomol. Univ., York. UK p. 272.

- BUJÁKI G. & SZALAY-MARZSÓ L. (1995): Damage of aphids in sunflower production and study of their natural enemies. – Bull. Univ. Agric. Sci. 75: 143–158.
- HALMÁGYI L. & SZALAY-MARZSÓ L. (1997): Vegyszerezés és méhészet I. – Méhészet 45(2): 4–5. II. (3): 8–9.
- RIPKA G., REIDER K. & SZALAY-MARZSÓ L. (1998): New data to the knowledge of the Aphid Fauna (Homoptera: Aphidoidea) on ornamental trees and shrubs in Hungary. – Acta Phytopath. Entomol. Hung. 33(1–2): 153–171.

### *Pályaművek*

- HALMÁGYI L., LENGYEL GY. & SZALAY-MARZSÓ L. (1976): Mikrobiológiai és vegyszeres védekezési módszerek hatása tölgyerdők ökoszisztémájára. 198 pp. (Az MTA 1976. évi pályázatán díjat nyert pályamű)
- FODOR S., HALMÁGYI L. & SZALAY-MARZSÓ L. (1981): Szelektív erővédelem és kihatásai a Hanság nyárásaiban. 91 pp. (A Veszprémi Akadémiai Bizottság 1981. évi pályázatán kiemelt első díjat nyert pályamű)
- SZALAY-MARZSÓ L. & GHARIB A. H. (1983): Környezetkímélő mikrobiológiai védekezés lehetősége csipő szúnyogok lárvái ellen: kísérletek *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* készítményekkel. 68 pp. (Az MTA 1984. évi pályázatán kiemelt díjat nyert pályamű)

## Polarotaxis a rovarvilágban

KRISKA GYÖRGY

ELTE Biológiai Szakmódszertani Csoport, Budapest, H-1117 Pázmány Péter sétány 1/C.  
E-mail: kriska@ludens.elte.hu

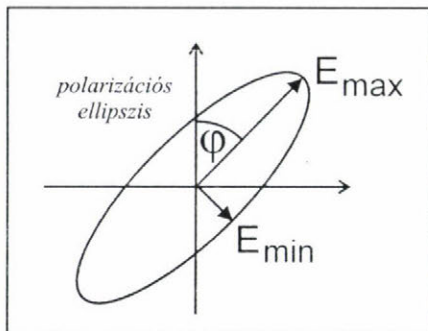
**Összefoglalás.** A fénypolarizáció érzékelésére képes állatcsoportok közül különösen a rovarok között találunk olyanokat, amelyek számára az egyéb optikai jegyeket kiegészítő fénypolarizáció létfontosságú információhordozó. A fénypolarizáció érzékelésével kapcsolatos rovartani kutatások eredményei kezdetben az egyes rovarfajok térbeli tájékozódásának vizsgálatához kapcsolódtak. Az utóbbi évek kutatásai eredményeként ma már ismeretes, hogy a vízben és nedves anyagokban élő rovarok szeme képes érzékelni a fénypolarizációt és ezek az állatok a vízfelszínről visszatükröződő vízszintesen polarizált fény segítségével találják meg életterüket. A polarotaxisal történő vízdetektálást megzavarhatják bizonyos hatások, amelyek főként antropogén eredetűek. A cikk a tudománytörténeti és fizikai alapok áttekintése után ezekkel a problémákkal foglalkozik.

**Kulcsszavak:** vízirovarok, polarotaxis, rovar csapdák, vízdetektálás, tükröződéses fénypolarizáció.

### Fizikai alapok

A környezetünkből érkező fény transzverzális, tehát a terjedési irányára merőleges rezgő elektromágneses hullám. Optikai jellemzői az intenzitás, vagy fényesség ( $I$ ), a hullámhossz ( $\lambda$ ), a polarizációs irány, vagy rezgési sík ( $\alpha$ ) és a polarizációs irány állásának gyakorisága a polarizáció fok ( $\delta$ ).

Amennyiben a részlegesen poláros fény  $E$  elektromos térerősség-vektorait (a továbbiakban röviden  $E$ -vektorait) a terjedési irányra merőleges koordináta-rendszerben vesszük fel, akkor a vektorok vége az úgynevezett polarizációs ellipszis mentén helyezkedik el, amit három paraméterrel ( $E_{\max}$ ,  $E_{\min}$ ,  $\alpha$ ) egyértelműen leírhatunk (1. ábra).



**1. ábra.** A fény polarizációs sajátságait szemlélteti a polarizációs ellipszis, mely három paraméterrel, a nagy- ( $E_{\max}$ ) és kis- ( $E_{\min}$ ) tengellyel, valamint a nagytengely  $\varphi$  irányával egyértelműen leírható. E geometriai paraméterek és a mérhető három fizikai paraméter (az  $I$  fényerősség, a  $\delta$  polarizációfok és az  $\alpha$  polarizációs irány) között egyértelmű a megfeleltetés:  $I = (E_{\max}^2 + E_{\min}^2)/2$ ;  $\delta = (E_{\max}^2 - E_{\min}^2)/(E_{\max}^2 + E_{\min}^2)$ ;  $\alpha = \varphi$ . (HORVÁTH G. nyomán).

Figure 1. Polarization ellipse.

A polarizációs ellipszis geometriai paraméterei és a poláros fény három, mérhető fizikai paramétere között az alábbi megfeleltetés áll fenn:  $I = (E_{\max}^2 + E_{\min}^2)/2$ ,  $\delta = (E_{\max}^2 - E_{\min}^2)/(E_{\max}^2 + E_{\min}^2)$ . Ha a fény polarizálatlan, akkor ( $\delta = 0\%$ ) és a polarizációs ellipszis kör alakú, míg ha a fény teljesen poláros ( $\delta = 100\%$ ), akkor az ellipszis egyenessé válik. Az egyre polárosabb fény tehát fokozatosan összelapuló polarizációs ellipszissel rendelkezik (HORVÁTH 1986a,b).

A fény optikai sajátosságai fontos információkat hordoznak, amelyeket a fényérzékelésre képes állatok hasznosítanak. Ugyanakkor a fotoreceptorokkal rendelkező állatcsoportok és gyakran az azonos rendszertani csoportba sorolt különböző fajok között is jelentős különbségek adódnak abban a tekintetben, hogy a fény előbbieken felsorolt négy optikai sajátága közül melyik információtartalmát használják ki.

## Történeti áttekintés

Annak ellenére, hogy az emberi szem nem alkalmas a fénypolarizáció érzékelésére, elődeink már i.sz. 1000 körül megfelelő segédeszközökkel képesek voltak érzékelni az égbolt polarizációját. A vikingek még nem ismerték az iránytűt, ezért a nyílt tengeren elsősorban a Nap állása alapján tájékozódtak. Borús vagy ködös időjárás esetén, amikor a Nap állását nem tudták megállapítani, ugyanakkor az égbolt jó része látható volt az úgynevezett „napkövek” segítségével tájékozódtak. A napkövek olyan természetes eredetű kristályok (pl. kordierit, turmalin), amelyek fényáteresztési képessége függ a fény beesési irányától, hullámhosszától, valamint attól, hogy mekkora szöget zár be a fény rezgéssíkja a kristály optikai tengelyeivel. Ezeket az ásványokat a szemük előtt forgatva az égboltfény erősségének és színének változását tapasztalták. Ily módon a vikingek érzékelték az égbolt polarizációs mintázatát, amely az égboltnak a Napon és a zeniten áthaladó főkörére, a szoláris meridiánra tükröszimmetrikus eloszlású. A polarizációs mintázat alapján képesek voltak megállapítani a szoláris meridiánt, a Nap irányát akkor is, ha nem látták azt közvetlenül.

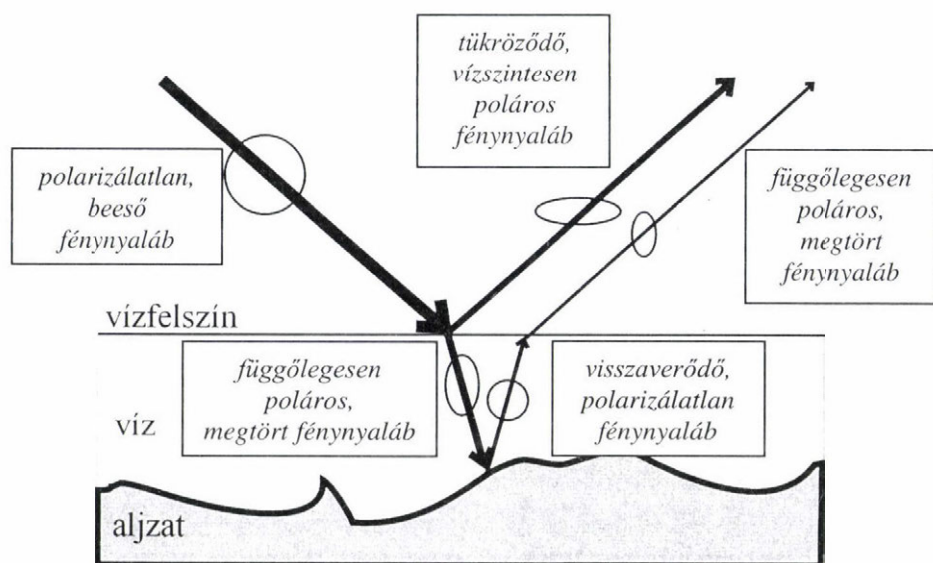
A fénypolarizáció kutatásának fontos eredménye volt 1669-ben a dán E. BARTOLIUS felfedezése, aki először írta le a kalcit kristály kettőtörését. A kalcittal folytatott kísérletek eredményeként mutatta ki 1690-ben C. HUYGENS a kalcitkristályon áthaloló kettősen megtört fény polárosságát. Ezt követően L. MALUS 1808-ban figyelte meg a visszavert fénynek a felülettel párhuzamos polarizáltságát.

A vikingek tapasztalatai a napkövekkel nem maradtak fenn a későbbi korok számára, ezért mintegy nyolcszáz évnek kellett eltelnie ahhoz, hogy 1809-ben D. F. J. ARAGO (1855) francia fizikus és csillagász újra felfedezte az égboltfény polarizációját. E tudományos felfedezés járult hozzá a fényhullám transzverzális jellegének igazolásához, amely alapján A. FRESNEL 1821-ben kidolgozta a fénypolarizáció elméletét.

Az égboltfény polarizációjának értelmezése Lord RAYLEIGH, más néven J. W. STRUTT (1871) névéhez fűződik. Magyarázata azon a megfigyelésen alapult, hogy a fény egy átlátszó közegen áthaladva szóródik, és részlegesen síkban polarizálódik a közeg részecskéin. A szóródás hatására kialakuló polarizáció a fény beesési irányára merőlegesen a legnagyobb, ezért az égboltfény elektromos terének vektorai, az E-vektorok koncentrikus köröket alkot-



nak a Nap körül. A fényszóródás eredményeként a Naptól távolodva az égboltfény polarizációfoka nulláról fokozatosan növekszik, addig, amíg a Naptól  $90^\circ$ -ra eléri a maximumát. Ezt követően a polarizációfok ismét csökkenni kezd, majd a Nappal ellentétes pontban újra zérus lesz az értéke. Ez a magyarázat képes értelmezni a szoláris meridiánra tükrörszimmetrikus égboltpolarizáció kialakulását, hozzátevé azonban azt, hogy a fotonok többszörös szóródása a légkörben negatív polarizációt eredményez, ami csökkentheti az eredő polarizációfokot és hatással van az égbolt polarizációs mintázatára is (HORVÁTH et al. 1999, GÁL et al. 2000). Lord RAYLEIGH elmélete alapján, a fényszóródás jelenségével magyarázhatjuk az égboltpolarizáció kialakulása mellett azt is, hogy miért kék színű az égbolt és vöröses a naplemente.



**2. ábra.** A vízfelszín felől érkező fénysugár eredő polarizációs sajátosságait a felszínről közvetlenül visszaverődő, vízszintesen poláros fénynyaláb és a vízfelszín alól visszaszóródó, a felszíni fénytörés következtében függőlegesen polárossá váló fénynyaláb intenzitásának aránya szabja meg. Mély, sötét vizeknél, illetve fekete köolajnál, vagy pakuránál az utóbbi komponens elnyelődik, így mindig vízszintes lesz az észlelt polarizációs irány.

**Figure 2.** The polarization characteristics of water bodies are determined by the ratio of intensities of horizontally polarized light reflected from the water surface and of vertically polarized light from water.

A fénypolarizációs jelenségek jelentős részét a tükröződési polarizáció eredményezi (KÖNNEN 1985), amelynek a természetben előforduló legfontosabb forrásai a vízfelszínnek (SCHWIND & HORVÁTH 1993, HORVÁTH 1993, 1995a,b, HORVÁTH & HORVÁTH 1995, HORVÁTH & VARJÚ 1997, HORVÁTH et al. 1997). A vizek polarizációját egyrészt a felületről visszaturkröződő vízszintesen polarizált fény, másrészt a víztestből származó, függőlegesen

polarizált fény határozza meg. A kétféle polarizáció lerontja egymás hatását, ezért a visszavert fény polarizációs jellegzetessége elsősorban attól függ, hogy az adott víztípusban a felszínről, vagy a víztestből visszavert fény jelenik-e meg dominánsan (2. ábra). Az ábrán az eltérő vastagságú nyilak különböző intenzitású fénynyalábokat jelentenek. A sekély, világos színű (pl. szikes pocsolyák), vagy átlátszó vizek esetében a fenékről és a vízben lebegő anyagokról visszaverődő és a felszínen átlépő függőlegesen polarizált fény dominál, a felszíni fényvisszaverődés vízszintes polarizációjával szemben. Ezért ezekről a pocsolyákról függőlegesen polarizált fény érkezik a szemünkbe. A sötét, mély, vagy sok huminsavat tartalmazó lápi vizek esetében a vízbe érkező fény túlnyomórésze elnyelődik, ezért a törési polarizációval szemben a tükröződési polarizáció érvényesül.

A fényvisszaverő objektum sötétsége, vagy világossága mellett a közeg törésmutatója is hatással van a fénypolarizációra. Ha nagyobb a fényvisszaverő közeg levegőre vonatkoztatott törésmutatója, akkor a Fresnel-formulákból következően (GUENTHER 1990) nagyobb lesz a reflektivitás, a polarizációfok és a vízszinteshez közelebb lesz a visszatükröződő fény rezgéssíkja. Ezért például a fekete kőolaj, vagy kátrány töcsa nemcsak a színe, hanem a víznél nagyobb törésmutatója miatt is jobban polarizálja a felszínéről visszaverődő fényt (HORVÁTH & ZEIL 1996a,b, POMOZI 1997, BERNÁTH 1999).

### A fénypolarizáció entomológiai vonatkozásai

A fénypolarizáció érzékelésére képes állatcsoportok közül különösen a rovarok között találunk olyanokat, amelyek számára az egyéb optikai jegyeket kiegészítő fénypolarizáció létfontosságú információhordozó.

A fénypolarizáció érzékelésével kapcsolatos rovar-tani kutatások eredményei kezdetben az egyes rovarfajok térbeli tájékozódásának vizsgálatához kapcsolódtak. Ennek során elsőként K. VON FRISCH (1965) volt az, aki megállapította, hogy a háziméhek tájékozódása részben az égbolt polarizációs mintázata alapján történik, ha a Napot felhők takarják.

Ebben az esetben a méhek az ég polarizáció-eloszlásának tükrörszimmetriája alapján határozzák meg a szoláris meridiánt, amely lehetővé teszi számukra a Nap helyzetének megállapítását. A háziméh szemének vizsgálata napjainkra már az anatómiai és funkcionális alapjait is feltérképezte a K. VON FRISCH által megfigyelt tájékozódási képességek.

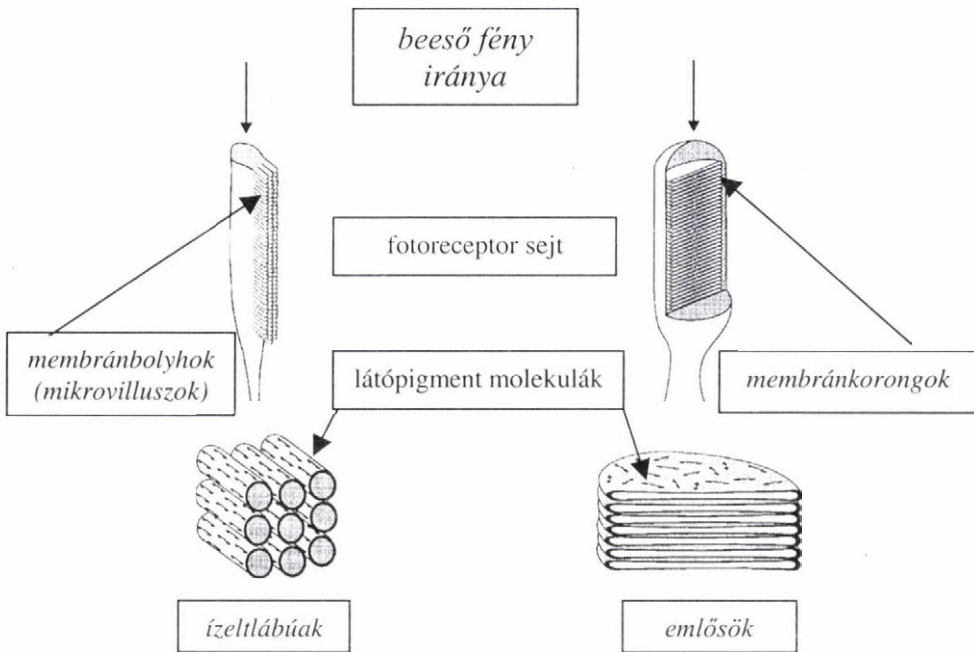
De vajon miért alkalmas a rovarszem a fénypolarizáció érzékelésére? A rovarok retináját megnyúlt, henger alakú receptorsejtek alkotják. Ezek sejtmembránja ujjyszerű kitüremkedéseket, mikrovilluszokat képez, amelyekben rendezetten, egymással és a mikrovilluszokkal párhuzamosan helyezkednek el a megnyúlt látópigment molekulák (3. ábra).

A sejt ezen receptív részéhez érkező fénysugár annál nagyobb kimenő elektromos ingereket eredményez, minél inkább párhuzamos a beérkező fény polarizációs síkja a mikrovilluszok hossz tengelyével mivel a látópigment molekulái ekkor nyelik el a fényt a legnagyobb mértékben.

Az emlősök retinájában a látósejtek receptív régióját korong alakú membránképződmények alakítják ki, amelyben a látópigment molekulák rendezetlenül helyezkednek el (3. ábra) (WATERMAN 1981). Ennek eredményeként az emlős receptorsejtben a fény hatására kiala-

külő receptorpotenciál értéke független lesz a fény polarizációjától, ezért az ilyen receptorokkal rendelkező szem nem képes a fény polarizációjának érzékelésére.

A háziméh szemének polarizációérzékeny egyszerű szemei, ommatídiumai egy keskeny sávot képeznek az összetett szem háti részén. Az ezekben található fotoreceptorok csak ultraibolya (UV) tartományban működnek (MIZERA & HORVÁTH 1998), szemben a többi (lefelé és előre irányuló) ommatídiummal, amelyek három, az UV, a kék és a zöld színtartományban maximálisan érzékeny receptortípust tartalmaznak.



**3. ábra.** Balra fent: Az ízeltlábúak fotoreceptorsejtjeinek felépítése, vázlatosan. Balra lent: Néhány mikrovillusz kinagyított részlete. A nyíllal jelölt látópigment, rodopszin molekulák a receptorsejtek mikrovilluszainak hosszanti tengelyével közel párhuzamosan állnak. Ez a rendezett szerkezet felelős a fotoreceptorok polarizáció-érzékenységeért. Jobbra fent: Az emlősök pálcika sejtjének kütagja vázlatosan. A pálcikákban a rodopszin molekulák a membránkorongok felszínén rendezetlenül helyezkednek el, ezért a receptorsejt nem érzékeny a polarizációra.

**Figure 3.** Schematic view of the visual cells of vertebrates (right) and invertebrates (left). Due to the microstructural organization of the vertebrate photoreceptor membrane the dipoles are randomly oriented, the consequence of which is that the receptors are blind to polarization of light. In invertebrates the dipoles are parallel to the microvilli, which results in the polarization sensitivity of the photoreceptors.

Az UV érzékeny fotoreceptorok a rovarok színérzékelésében is részt vehetnek (MOLNÁR et al. 1997). A méhek színlátását három, az UV, a kék és a zöld színtartományban maximálisan érzékeny receptor teszi lehetővé, szemben az ember színlátásával, amelynél a látósejtek a színek vörös, zöld és kék tartományára érzékenyek. Ma már bizonyított tény, hogy az UV receptorok bizonyos esetekben részét képezik a színlátó rendszernek, amelynek segítségével a rovarok egy része képes színeket is megkülönböztetni az UV tartományon belül.

A szembe jutó fény hullámhossz-eloszlásának megfelelően eltérő mértékben gerjeszti a különböző típusú receptorokat. Az egyes hullámhossz-tartományokra érzékeny receptorok fényintenzitásokat mérnek, amelyek aránya alakítja ki az idegi feldolgozás eredményeként a megfelelő szín érzékletét.

A polarizációérzékeny receptor gerjesztésének mértéke nemcsak a beeső, adott hullámhosszúságú fény intenzitásától, hanem polarizáltságának mértékétől is függ. Mindezt tovább bonyolítja, hogy a három különböző hullámhossz-tartományra érzékeny, polarizációt is detektáló fotoreceptor nem egyenlő mértékben gerjesztődik az azonos intenzitású, azonos polarizáltságú, eltérő hullámhosszú fénysugarakra. Ez azt jelenti, hogy abban az esetben, ha a színeket érzékelő szemrész polarizációérzékeny is lenne, akkor a színérzékelés kialakulása a megfigyelt objektum polarizációs mintázatától is függne.

Mivel a környezet polarizációs mintázata különböző nézőpontokból más és más, ezért a rovar mozgása során ilyen esetekben a környezet színe is állandóan változna. Ez lehetlenné tenné a színek alapján történő tájékozódást, ezért a színérzékelésben fontos szemrész receptorsejtjeiben olyan strukturális változások mentek végbe (a látópigmenteket tartalmazó mikrovilluszok a fotoreceptorok hossz tengelye mentén csigalépcsőszerűen megtekerekednek), amelyek alkalmatlanná teszik ezeket a látósejteket polarizáció érzékelésére a látópigment molekulák rendezett elhelyezkedésének megszűnése miatt (POMOZI et al. 1998).

A méhekhez hasonló módon a *Cataglyphis* nemzetségbe tartozó sivatagi hangyák is képesek felhasználni az égbolt polarizációs mintázatát tájékozódásuk során (WEHNER 1997, HORVÁTH & WEHNER 1999). Ezek a rovarok a homokfelszínen vadásznak a hőség miatt elpusztult rovarokra. Véletlenszerű mozgásuk során a Nap helyzetéhez viszonyítva folyamatosan összegzik és megjegyzik elmozdulásaik vektorait, így vándorlásuk minden pillanatában ismerik a földalatti fészük bejáratának helyvektorát. Ez a képesség teszi őket alkalmassá arra, hogy a táplálék felfedezése után a legrövidebb, egyenes úton jussanak vissza fészükhöz.

Az égbolt polarizációs mintázata alapján történő tájékozódás (SCHWIND & HORVÁTH 1993, HORVÁTH & VARJÚ 1995, HORVÁTH & POMOZI 1997, HORVÁTH et al. 1998b, HORVÁTH & WEHNER 1999, GÁL et al. 1998, 2000) kettős előnnyel is jár. Egyrészt sikeresebb tájékozódási módszert nyújt a forróságban hamar eltűnő szagösvényekkel szemben, másrészt lehetővé teszi, hogy a zsákmány megtalálása után a hangya a legrövidebb idő alatt elhagyhassa a felforrósodott homokfelszínt és a fészkébe térhessen.

Annak ellenére, hogy a polarizált fény látásával kapcsolatos kutatások több évtizede folynak, csupán 1985 után vált csak ismertté. A fénypolarizáció érzékelésére képes állatcsoportok közül különösen a rovarok között találunk olyanokat, amelyek számára az egyéb optikai jegyeket kiegészítő fénypolarizáció létfontosságú információhordozó.

A fénypolarizáció érzékelésével kapcsolatos rovartani kutatások eredményei kezdetben az egyes rovarfajok térbeli tájékozódásának vizsgálatához kapcsolódtak (SCHWIND 1985, 1991, 1995, SCHWIND & HORVÁTH 1993, HORVÁTH 1993, 1995a,b, HORVÁTH & VARIJÚ 1997, GÁL & HORVÁTH 1998). R. Schwind, a Regensburgi Egyetem Állattani Intézetének professzora fedezte fel, hogy a vízben és nedves anyagokban élő rovarok szeme képes érzékelni a fénypolarizációt és ezek a rovarok a vízfelszínről visszatükröződő vízszintes polarizált fény segítségével találják meg életterüket. Kísérletei során a talaj fölött néhány deciméterre 1 m<sup>2</sup>-es üveglapokat helyezett el, amelyeknek enyhén lejtő felszínét gyenge vízárammal mosta le folyamatosan. Ezzel a módszerrel vízi rovar csoportokhoz tartozó fajokat (*Heteroptera*, *Dytiscidae*, *Hydrophilidae*, *Halipilidae*) fogott be. Az üveglapok alá helyezett különböző spektrális és reflexiós tulajdonságú lapok alkalmazásával a fajok egy részénél az UV spektrális tartományban működő polarotaxist is igazolta. A kísérletek eredményeként egyértelművé vált, hogy a vizet kereső repülő rovar ha optikai környezetében vízszintes polarizált fényt érzékel, akkor ebben az irányban folytatja a repülését, majd landol a felületen. A szitakötők élőhelyválasztását vizsgálva WILDERMUTH (1993, 1998), WILDERMUTH & SPINNER (1991) és HORVÁTH et al. (1998a) folytatott választásos terepkísérleteket különböző tesztfelületekkel. A tesztfelületek egy része felett a szitakötők a vizet mellett szokásos jellegzetes viselkedésmintáikat mutatták be.

A fénypolarizáción alapuló vízdetektálási stratégia sikeres voltát jól bizonyítják a mind több vízi rovar csoporttal elvégzett terepkísérletek. A stratégia evolúciós sikerét nemcsak az eredményezi, hogy a természetes környezetben a vízfelületeken kívül kevés objektum képes tükröződési polarizációt létrehozni, hanem az is, hogy a fény intenzitására és színére érzékeny, de a fénypolarizációra vak látórendszerrel (mint az ember szeme is) szemben a fénypolarizációra érzékeny szemet nem téveszti meg a vizet utánozó délibáb sem (HORVÁTH et al. 1997, GÁL et al. 1997).

A meleg napokon, az erősen felmelegedő felszínek fölött létrejövő délibáb légtükröződés, amely a levegőben kialakuló törésmutatógradiens miatt jön létre. A törésmutatógradiensben az égboltfény folyamatosan törik, így az égboltfény látszólag a horizont alól érkezik a szemünkbe. Eközben a forró levegő turbulens áramlásai miatt törésmutató-ingadozások alakulnak ki, amelyek hatására a délibábkép kissé remeg, ami víz képzetét kelti a számunkra. Mivel a délibábkép sorozatos fénytöréssel és nem fénytükröződéssel jön létre, ezért a délibábban nem változik meg az égbolt polarizációs mintázata. Ezért a délibábból többnyire nem érkezik a szemünkbe vízszintes polarizált fény, attól a ritka esettől eltekintve, amikor vízszintes poláros égboltfényt tükröz a szemünkbe a délibáb (HORVÁTH et al. 1997; GÁL et al. 1997).

A vízi élőhely detektálása mellett a polarotaxisnak fontos szerepe van a nedves, bomló anyagokban, például a friss trágyában, és növényi korhadékokban élő rovarok élőhely felismerésében is (pl. *Megasternum boletophagum*, *Cryptopleurum minutum* (*Coleoptera*)). Ezek az állatok a környezetük polarizációs mintázata alapján már akkor felismerhetik a számukra fontos közeget, amikor még a jelentősebb távolság miatt kémiai érzékszerveik nem segítik tájékozódásukat. A trágyában élő rovarok egy része csak friss, nedves trágyába petézik, amely polarizációs sajátosságai alapján jól megkülönböztethető a már kiszáradt, a lárvák kinevelésére már alkalmatlan ürüléktől (GÁL 1997).

## A polarotaxisal történő vízdetektálást zavaró hatások

A szakirodalomban számos, a vízi rovarokkal kapcsolatos megfigyelés szerepel, amelyek szerint ezek a rovarok gyakran fellelhetők üvegtáblákon, kocsitetőkön és nedves aszfaltutakon. (FERNANDO 1958, POPHAM 1964). Annak ellenére, hogy a fentiekben említett, kérészekkel kapcsolatos megfigyelések ismeretesek az entomológus szakemberek számára, ezt a jelenséget csak szórványosan írták le publikációikban, beszámolóikban, marginális jegyzetek formájában. Általában azt feltételezték, hogy az aszfaltutak olyan markert jelentenek a kérészeknek, amelyek jelzik a rajzás és szaporodás helyeit (pl. BRODSKIY 1973, SAVOLAINEN 1978). A kérészek aszfaltutakra történő petézését egyszerűen azzal magyarázták, hogy a fényes felületű, nedves aszfaltutak hasonlóak lehetnek a rovarok számára, mint a valódi vízfelszínnek. Újabb kutatási eredmények alapján ma már tudjuk, hogy az aszfaltutak megtévesztésig hasonlóak egy vízszintesen polarizált fényt visszaverő vízfelszínhez a vizet kereső rovarok számára. Mivel a kérészek vízdetektálása a vízfelszínről érkező vízszintesen polarizált fény segítségével történik, hasonlóan sok más vízi rovarhoz, az antropogén eredetű aszfaltút vizuális csapdaként hat rájuk (KRISKA et al. 1998).

A föld mélyén képződő kőolaj bizonyos esetekben a felszínre szivárogva kátránytavak kialakulását eredményezi. Napjainkban a kőolaj- és pakurata- távok kialakulását elsősorban az ember környezetátalakító tevékenysége okozza. Erre láthatunk példát az Öböl-válság nyomán kialakult kőolajtavak esetében is. Az olajfelszín ugyan homokkal fűjja be a sivatagi szél, de az évszakok váltakozása során a csillogó felület rendszeresen megújul. A felbugygyanó kőolaj az ősi aszfaltmocsarakhoz hasonlóan számos állatot megtéveszt és csapdába ejt (PILCHER & SEXTON 1993). Ezek az állatok túlnyomórészt vízi rovarok és vízi madarak (HORVÁTH & ZEIL 1996a,b).

A kőolaj és kátránytavak az aszfaltutakhoz hasonlóan (KRISKA et al. 1998) a felszínük-ről visszavert vízszintesen polarizált fénnel tévesztik meg a vizet kereső rovarokat. Az olajfelszínről tükröződő nap- és égboltnfény polarizációs mintázata szupernormális ingerként hat (HORVÁTH et al. 1998a). Ennek két fő oka van. Az egyik az, hogy a kőolaj levegőre vonatkoztatott törésmutatója sokkal nagyobb, mint a vízé. A hígfolys kőolaj törésmutatója (1.39–1.49) de a kátrányé elérhet az 1.57-et is (LEVORSEN 1967), míg a vízé csak 1.33 a látható spektrum középső részén. A Fresnel-formulákból következően (GUENTHER 1990) minél nagyobb a törésmutató, annál nagyobb a reflektivitás, a polarizációfok és annál vízszintesebb a tükröződő fény rezgéssíkja. A másik oka a szupernormális hatásnak a kőolaj erőteljes fényelnyelő sajátsága, amely jelentősen lecsökkenti a kőolaj belsejéből visszaszóródó fény vízszintes polarizációt csökkentő hatását.

Napjainkban a rovarok polarotaxisához és ezen belül is a vízdetektálásához kapcsolódó nemzetközi kutatások homlokerében azok a tereptani vizsgálatok és ezek értelmezései állnak, amelyek egyrészt az egyes élőhelyek jellegzetes rovarcsoportjainak vízdetektálását kutatják különböző tesztfelületek felhasználásával, másrészt bizonyos antropogén hatások környezeti tényezőként megjelenő hatásait vizsgálják (KRISKA et al. 1998, HORVÁTH & ZEIL 1996a,b, HORVÁTH et al. 1996, HORVÁTH et al. 1998a).

**Köszönetnyilvánítás:** Kutatómunkámat részben az OTKA T-020931 és F-025826 számú pályázatai tették lehetővé.

## Irodalom

- ARAGO F. (1855): Meteorological Essays. (English translation) – Longman-Brown-Green- Longmans, London.
- BERNÁTH B. (1999): A polarizáció-látás szerepének vizsgálata rovarok és madarak vízkeresésében. – Diplomamunka, ELTE TTK Biológiai Fizika Tanszék, Budapest, p. 50.
- BRODSKIY A. K. (1973): The swarming behavior of mayflies (Ephemeroptera). – Entomol. Rev. 52: 33–39.
- FERNANDO C. H. (1958): The colonization of small freshwater habitats by aquatic insects. General discussion, methods and colonization in the aquatic Coleoptera. – Ceylon J. Sci. 1: 116–154.
- FRISCH K. von (1965): Tanzsprache und Orientierung der Bienen. – Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- GÁL J. (1997): Some biophysical applications of video polarimetry. – Diploma Thesis, Loránd Eötvös University, Department of Atomic Physics, Biophysics Group, Budapest, p. 96
- GÁL J., HORVÁTH G. & WEHNER R. (1997): Légtükrözések polarizációs mintázata: Miért nem tévesztheti meg a délibáb a vízirovarokat? – Fizikai Szemle 47: 37–42.
- GÁL J. & HORVÁTH G. (1998): A vízi rovarok vízkeresése. – Élet és Tudomány 53: 884–885.
- GÁL J., HORVÁTH G., POMOZI I. & WEHNER R. (1998): Az égbolt polarizálatlan pontjai, avagy amit már Arago, Babinet és Brewster is ismert, de eddig közvetlenül még senki sem látott. – Természet Világa 129: 151–154, 212–215.
- GÁL J., HORVÁTH G., HAIMAN O., MEYER-ROCHOW V. B. & WEHNER R. (2000): „Poláros” pillantás a teljes égboltra 180° látószögű képalkotó polariméterrel. – Élet és Tudomány 55: 1003–1006.
- GUENTHER R. D. (1990): Modern Optics. – John Willey & Sons, Inc., Duke University.
- HORVÁTH G. (1993): Computational Visual Optics. Theoretical Physiologic Optical Study of the Optical Environment and Visual System of Animals. – Kandidátusi Értekezés. Magyar Tudományos Akadémia Központi Fizikai Kutatóintézete, Biofizika Csoport (Budapest), pp. 1–256.
- HORVÁTH G. (1995a): Reflection-polarization patterns at flat water surfaces and their relevance for insect polarization vision. – J. Theor. Biol. 175: 27–37.
- HORVÁTH G. (1995b): How do water insects find their aquatic habitat? – World of Nature (Természet Világa special issue) 125: 44–49.
- HORVÁTH F. Á. & HORVÁTH G. (1995): Víztükrök derült égbolt alatti polarizációs mintázata biológiai vonatkozásokkal. – Légkör 40: 18–23.
- HORVÁTH G. & VARIÚ D. (1995): Underwater refraction-polarization patterns of skylight perceived by aquatic animals through Snell's window of the flat water surface. – Vision Research 35: 1651–1666.
- HORVÁTH G. & ZEIL J. (1996a): Kuwait oil lakes as insect traps. – Nature 379: 303–304.
- HORVÁTH G. & ZEIL J. (1996b): Állatcsapdák, avagy egy olajtócsa vizuális ökológiája. – Természet Világa 127: 114–119.
- HORVÁTH G., BERNÁTH B., MOLNÁR G., MEDGYESI D., BLAHA B. & POMOZI I. (1996): Kátránytő mint fénycsapda: a kuvaiti köolajtavak állatokra gyakorolt vonzásának biofizikai okairól. – Fizikai Szemle 46: 221–229.
- HORVÁTH G., GÁL J. & WEHNER R. (1997): Why are water-seeking insects not attracted by mirages? The polarization pattern of mirages. – Naturwissenschaften 84: 300–303.
- HORVÁTH G. & POMOZI I. (1997): How celestial polarization changes due to reflection from the deflector panels used in deflector loft and mirror experiments studying avian navigation. – J. Theor. Biol. 184: 291–300.
- HORVÁTH G. & VARIÚ D. (1997): Polarization pattern of freshwater habitats recorded by video polarimetry in red, green and blue spectral ranges and its relevance for water detection by aquatic insects. – J. Exp. Biol. 200: 1155–1163.

- HORVÁTH G., BERNÁTH B. & MOLNÁR G. (1998a): Dragonflies find crude oil visually more attractive than water: multiple-choice experiments on dragonfly polarotaxis. – *Naturwissenschaften* 85: 292–297.
- HORVÁTH G., GÁL J., POMOZI I. & WEHNER R. (1998b): Polarization portrait of the Arago point: Videopolarimetric imaging of the neutral points of skylight polarization. – *Naturwissenschaften* 85: 333–339.
- HORVÁTH G. & WEHNER R. (1999): Skylight polarization as perceived by desert ants and measured by videopolarimetry. – *Journal of Comparative Physiology A* 184: 1–7.
- HORVÁTH G., WEHNER R., GÁL J. & POMOZI I. (1999): Az égboltpolarizáció és az állatok. – *Élet és Tudomány* 54: 235–237.
- KÖNNEN G. P. (1985): *Polarized Light in Nature*. – Cambridge University Press, Cambridge.
- KRISKA GY., HORVÁTH G. & ANDRIKOVICS S. (1998): Why do mayflies lay their eggs en masse on dry asphalt roads? Water-imitating polarized light reflected from asphalt attracts Ephemeroptera. – *J. Exp. Biol.* 200: 2273–2286.
- LEVORSEN A. I. (1967): *Geology of petroleum*. (2<sup>nd</sup> ed. F. A. F. BERRY) – Freeman, San Francisco.
- MIZERA F. & HORVÁTH G. (1998): On the ultraviolet paradox of polarization vision in Hymenoptera and Diptera: could the Permian/Triassic transition resolve the UV-POL paradox? (Lecture) – Annual Meeting of the International Geological Correlation Program 384, 28 September – 2 October 1998; Geological Institute of Hungary, Budapest; Conference Abstracts, pp. 81–83. (eds. C.H. DETRE & I. TÓTH).
- MOLNÁR G., BLAHA B. & HORVÁTH G. (1997): Látás az ibolyán túl: Az ultraviola fény érzékelésének elterjedése és szerepe az állatvilágban. – *Természet Világa* 128: 155–159.
- PILCHER C. W. T. & SEXTON D. B. (1993): Effects of the gulf war oil spills and well-head fires on the avifauna and environment of Kuwait. – *Sandgrouse* 15: 6–17.
- POMOZI I. (1997): Atlas of polarization patterns of some water-imitating shiny surfaces and their biological relevance. – Diploma Thesis, Loránd Eötvös University, Department of Atomic Physics, Biophysics Group, Budapest, p. 110.
- POMOZI I., HORVÁTH G. & WEHNER R. (1998): Hogyan látnák a méhek? Színlátás és fénypolarizáció. – *Élet és Tudomány* 53: 1072–1073.
- POPHAM E. J. (1964): The migration of aquatic bugs with special reference to the Corixidae (Hemiptera Heteroptera). – *Arch. Hydrobiol.* 60: 450–496.
- SAVOLAINEN E. (1978): Swarming in Ephemeroptera: the mechanism of swarming and the effects of illumination and weather. – *Ann. Zool. Fennici* 15: 17–52.
- SCHWIND R. (1985): Sehen unter und über Wasser, Sehen vom Wasser: Das Sehsystem eines Wasserinsektes. – *Naturwissenschaften* 72: 343–352.
- SCHWIND R. (1991): Polarization vision in water insects and insects living on a moist substrate. – *J. Comp. Physiol. A* 169: 531–540.
- SCHWIND R. (1995): Spectral regions in which aquatic insects see reflected polarized light. – *J. Comp. Physiol. A* 177: 439–448.
- SCHWIND R. & HORVÁTH G. (1993): Reflection-polarization pattern at water surfaces and correction of a common representation of the polarization pattern of the sky. – *Naturwissenschaften* 80: 82–83.
- STRUTT J. W. (Lord Rayleigh) (1871): On the light from the sky, its polarisation and colour. – *Philosophical Magazine* 41: 107–120, 274–279.
- WATERMAN H. (1981): Polarization sensitivity. In: AUTRUM H. (ed.). *Handbook of Sensory Physiology VII/aC*, Springer Verlag, Berlin, pp. 281–469.
- WEHNER R. (1997): The ant's celestial compass system: spectral and polarization channels. In: LEHRER M. (ed.). *Orientation and communication in Arthropods*; Birkhäuser Verlag, Basel, pp. 145–185.



- WILDERMUTH H. (1993): Habitat selection and oviposition site recognition by the dragonfly *Aeshna juncea* (L.): an experimental approach in natural habitats (Anisoptera, Aeshnidae). – *Odonatologica* 22: 27–44.
- WILDERMUTH H. (1998): Dragonflies recognize the water of rendezvous and oviposition sites by horizontally polarized light: A behavioural field test. – *Naturwissenschaften* 85: 297–302.
- WILDERMUTH H. & SPINNER W. (1991): Visual cues in oviposition site selection by the *Somatochlora arctica* (Zetterstedt) (Anisoptera: Corduliidae). – *Odonatologica* 20: 357–367.

## Polarotaxis of insects

GYÖRGY KRISKA

Polarized light is an important factor of orientation and water seeking behaviour of insects. Aquatic insects detect water by means of polarotaxis; that is, on the basis of the partially and horizontally polarized reflected light. Water seeking behaviour can be disturbed by man-made products. Mayflies often swarm, mate above and oviposit on the shiny bodywork and windscreen of cars. The same reproductive behaviour can frequently be observed above and on shiny black plastic sheets used in agriculture. These artificial shiny surfaces also attract many other aquatic insects. There are numerous observations of water insects being deceived by glass panes, car roofs or wet asphalt streets. The waste-oil lakes deceive water-seeking insects by surface-mirrored horizontally polarized light, just as asphalt roads do. Thus, asphalt roads near ephemeropteran emergence sites (lakes, rivers and creeks) are a great danger for mayflies, because eggs laid on the asphalt inevitably perish. Asphalt roads can deceive and attract mayflies en masse like the ancient tar pits and asphalt seeps or the recent crude or waste oil lakes deceive, lure and trap polarization-sensitive water-seeking insects in large numbers.



## A kérészek vízdetektálási viselkedése, avagy miért petéznek a kérészek száraz aszfaltutakra?\*

KRISKA GYÖRGY<sup>1</sup> és ANDRIKOVICS SÁNDOR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ELTE Biológiai Szakmódszertani Csoport, Budapest, 1117 Pázmány Péter sétány 1/C.

E-mail: kriska@ludens.elte.hu

<sup>2</sup> EKF Állattani Tanszék, Eger, 3300 Leányka u. 4.

**Összefoglalás.** Megfigyeltük, hogy különböző kérészfajok nagy számban rajzanak száraz aszfaltutak fölé. A kérész egyedek és a kopuláló párok sokszor leereszkedtek az aszfaltútra és pázás után a nőstények petecsomóikat is ide rakták le, ahelyett, hogy az aszfaltút közelében futó patakba petézték volna. Ezek a jelenségek, különösen a nőstények peterakási viselkedései azt sugallták, hogy az aszfaltfelszín vonzza a kérészeket és rovarcsapdaként működik. A kérészek rajzási, szaporodási és peterakási viselkedésével foglalkozó korábbi kutatások nem adtak magyarázatot erre a sokfelé előforduló különös jelenségre. Két éves kutatást folytattunk azért, hogy tisztázzuk a kérészek aszfaltutak feletti rajzásának az okait. A két év során hat kérészfaj rajzását vizsgáltuk meg. Ennek során videofelvételeket készítettünk, összetett választásos kísérleteket, videopolarimetriás méréseket és vizuális megfigyeléseket végeztünk terepen. Megfigyeléseink eredményeként vázoltuk fel a kérészek aszfaltutak feletti szexuális viselkedésének új interpretációját. Kimutattuk, hogy a kérészek vízdetektálása a vízfelszínről érkező vízszintesen polarizált fény segítségével történik hasonlóan sok más vízirovarhoz. Az aszfaltutak hasonlóak egy vízszintesen polarizált fényt visszaverő vízfelszínhez a vizet kereső rovarok számára, ezért a rajzó és petéző kérészeket is megtévesztik.

**Kulcsszavak:** kérészek, Ephemeroptera, vízdetektálás, vízszintesen polarizált fény, videopolarimetria.

### Bevezetés

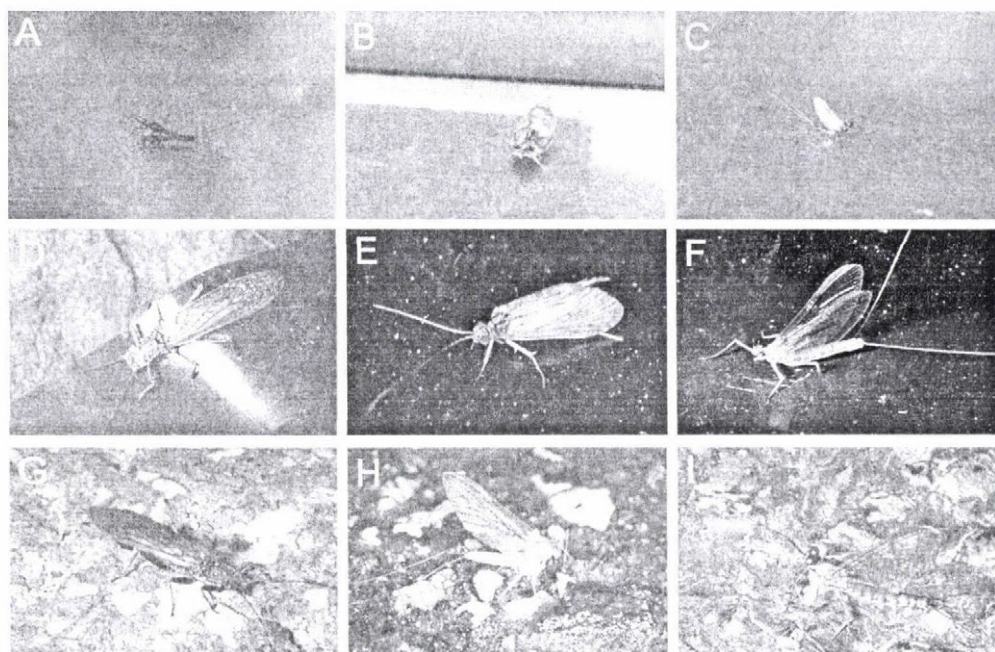
Három éven keresztül minden tavasszal megfigyeltük, hogy több különböző kérészfaj nagy számban rajzik száraz aszfaltutak fölé. A kérész egyedek és a kopuláló párok sokszor leereszkedtek az aszfaltútra és pázás után a nőstények petecsomóikat is ide rakták le ahelyett, hogy az aszfaltút közelében futó hegyi patakba petézték volna.

Ezek a jelenségek, különösen a nőstények peterakási viselkedése azt sugallták, hogy az aszfaltfelszín vonzza a kérészeket, és egyfajta rovarcsapdaként működik. A kérészek rajzási, szaporodási és peterakási viselkedésével foglalkozó korábbi kutatások nem adtak magyarázatot erre a sokfelé előforduló különös jelenségre. Gyakran megfigyeltünk még kérészeket autók szélvédője és fényes karosszériája fölé is (1. ábra).

A szakirodalomban számos, a vízi rovarokkal kapcsolatos megfigyelés szerepel, amelyek szerint ezek a rovarok gyakran fellelhetők üvegtáblákon, kocsitetőkön és nedves asz-

\* Előadták a szerzők az Állattani Szakosztály 884. ülésén (1998. június 3.).

faltutakon (FERNANDO 1958, POPHAM 1964). Annak ellenére, hogy a fentiekben említett, kérészekkel kapcsolatos megfigyelések ismereteseek az entomológus szakemberek számára, ezt a jelenséget csak szórványosan írták le publikációikban, beszámolóikban marginális jegyzetek formájában. Dolgozataikban általában azt feltételezték, hogy az aszfaltutak jelzik a rajzás és szaporodás helyeit (BRODSKIY 1973, SAVOLAINEN 1978). A kérészek aszfaltutakra történő petézését egyszerűen azzal magyarázták, hogy a fényes felületű, nedves aszfaltutak vizuálisan hasonlóak lehetnek a rovarok számára, mint a valódi vízfelszínnek.



**1. ábra.** Néhány példa arra, hogy különböző, mesterséges tükrözőfelületek képesek megtéveszteni és magukhoz csalni a vízhez kötődő rovarokat. Ilyen felület például egy gépkocsi szélvédője (A) vagy motorházteteje (B, C), mezőgazdasági műanyagfóliák (D–F), és aszfaltutak (G–I). (A) Hím kérész (*Rhithrogena semicolorata*). (B) Csibor (*Hydrophilidae* sp.). (C) Hím kérész (*Baetis rhodani*). (D, G) Nőstény óriás álkérész (*Perla burmeisteriana*). (E) Nőstény tegzes (*Trichoptera*). (F, H) Nőstény kérész (*Rhithrogena semicolorata*). (I) Hím kérész (*Epeorus silvicola*).

**Figure 1.** Examples of mayflies deceived by and attracted to wind-screen (A) and car-body (B, C) to shiny, black plastic sheet used in agriculture (D–F) and to a dry asphalt road (G–I). (A) A male *Rhithrogena semicolorata*. (B) *Hydrophilidae* sp. (C) A male *Baetis rhodani* (D, G) A female stonefly (*Perla burmeisteriana*). (E) A female caddisfly (*Trichoptera*). (F, H) A female (*Rhithrogena semicolorata*). (I) A male (*Epeorus silvicola*).

A kérészek szaporodását rajzási viselkedésük előzi meg, amely során a rovarok egy csoportja egy markernek nevezett tereptárgy körül csoportosul. Az a feltételezés, amely szerint az aszfaltutak a rajzás markereiként szerepelnének, nem ad választ a kérészek aszfaltutakra történő petezésére, hiszen normális körülmények között a kérészek csak a vízfelszín-

re petéznek, a markerekre nem. Ezen kívül a hím és nőstény imágók rajzása az aszfaltút fölött olyan viselkedési elemeket is tartalmaz (petéző repülés, ritmusos felszínérintések, felemelkedés, majd hirtelen leereszkedés a felszínre), amelyek a vízfelszín feletti viselkedést jellemzik. Nem tudjuk továbbá, hogy a kérészek petézése miért következik be gyakran a teljesen száraz aszfaltfelszínen is. Az alábbiakban egy magyarázatot adunk erre a meglepő viselkedésre.

A nőstények koncentrációdása a rajban és a raj állandó pozíciója a sikeres szaporodás fontos feltétele, mert az ivarérett stádium igen rövid a kérészeknél. A természetes és mesterséges tereptárgyak közül marker lehet például tavak partrésze, utak vagy a parti növényzet lombkoronaszintje (SAVOLAINEN 1978).

Az ivarérett stádium rövidebbé és amiatt, hogy a frissen kikelt imágók könnyen kiszáradhatnak és ezért elpusztulhatnak, a kérészek viszonylag közel maradnak ahhoz a vízi élőhelyhez, ahol lárváik fejlődnek. Emiatt létfontosságú, hogy a tereptárgyak közel legyenek a vízhez. A kérészrajzások markereinek a kutatók nagy fontosságot tulajdonítanak (BRODSKIY 1973, FISCHER 1992, SAVOLAINEN 1978). A kutatások eredményei szerint a kérészkibújások közelében található aszfaltút markere lehet a rajzásnak.

A fentiekben felvázolt viselkedés okainak feltárása nemcsak a kérészek tudományos kutatása szempontjából fontos kérdés, hanem a napjainkban mind jobban megritkuló rovarcsoport védelme miatt is, mivel az aszfaltútra lerakott petecsomók (egy nőstény kérész petecsomója 6000–9000 petét is tartalmazhat) rövid idő alatt kiszáradnak és elpusztulnak. A kérészek vízi élőhelyei nagy veszélynek vannak kitéve a fokozódó vízszennyeződések miatt.

Mindezek következtében a kérészek tömegrajzása napjainkban ritka jelenségnek számít. Ilyen körülmények között fontos lehet megállapítani, hogy az aszfaltutakra történő peterakás megelőzhető-e? Ezt a kérdést kevésbé tanulmányozták annak ellenére, hogy a kérészkutatás milyen kitüntetett figyelmet szentelt a rajzásformációk tudományos vizsgálatának.

Két éves kutatást folytattunk azért, hogy tisztázzuk a kérészek aszfaltutak feletti rajzásának okait. A két év során hat kérészfaj rajzását vizsgáltuk.

## Módszerek

### *A kísérletek helyszíne a Bükkös-pataknál*

A kutatás helyszíne a Pilis-hegységi Dömörkapu volt, amely Budapesttől 30 km-re fekszik. A vizsgálatokat a Bükkös-patak partján egy tipikus középhegységi hegyi pataknál folytattuk, amelyből nagy számban rajzanak ki kérészek májusban és júniusban (ANDRIKOVICS 1998, ANDRIKOVICS & KÉRI, 1991). A pataktól 1–5 m-es távolságban egy aszfaltút fut, fákkal és bokrokkal szegélyezve, párhuzamosan a patakkal. Néhány helyen az aszfaltút kis hídon vezet át a patak felett. A patak egymagában fut a völgyben égerligetek között, néhol magaskórósokkal övezve. Ahol az út keresztezi a vízfolyást, csak ott tűnik el egy rövid szakaszon a felszín fölé boruló dús vegetáció. Az út néhány méterrel magasabban fut a pataknál és fölötte nyitott az égbolt. Az aszfaltút felszíne a legtöbb helyen viszonylag sima és

sötétszürke, de találhatunk több foltot, amely világosszürke és durva a felszíne a rászórt fehér közúzaléktól.

Terepvizsgálataink során a Bükkös-pataknál figyeltük meg az *Ephemera danica* (Müll.), az *Ecdyonurus venosus* (Fabr.), az *Epeorus silvicola* (Etn.), a *Baetis rhodani* (Pict.), a *Rhithrogena semicolorata* (Curt.), és a *Haproleptoides confusa* (Hag.) fajok, reprodukzív viselkedését a száraz aszfaltút felett. A tesztfelületes kísérleteket az *Epeorus silvicola* és a *Rhithrogena semicolorata* fajokkal végeztük el. A kísérletek május második felében és június első felében folytak 1996-ban és 1997-ben.

### ***Választásos kísérletek különböző tesztfelületek felhasználásával***

A Bükkös-patak melletti kísérletekben téglalap alakú, különböző anyagú tesztlapokat az úttal párhuzamosan fektettünk az aszfaltút felületére, különböző távolságokban a pataktól, ahol a kérészek rajzoltak. Az 1x2 m-es tesztfelületeket 0,5 m távolságban helyeztük el egymástól. Tesztfelületként fényes fekete műanyag (polietilén) fóliát, fényes tejfehér műanyag (polietilén) fóliát, fényes alumínium fóliát, kissé fényes fekete ruhaanyagot, matt fekete ruhaanyagot és matt fehér ruhaanyagot használtunk. Azért, hogy a színek hatását kizárjuk olyan tesztfelületeket alkalmaztunk, amelyek anyaga csak spektrálisan semleges, szürke fényt reflektált.

Megszámoltuk a landoló és fólia fölött közvetlenül (a magasság nem volt több 0,1 m-nél) rajzó kérészeket a tesztfelület 0,1 m x 0,1 m-es területén. A tesztfelületek helyzetét többször véletlenszerűen változtattuk egymáshoz képest, hogy elkerüljük a tesztfelület pozíciójából származó esetleges hatást, ami az odavonzott kérészek számát is befolyásolhatja.

A kísérleteket mindig felhőtlen égboltnál végeztük. A kísérletek kezdetekor a lenyugvó Nap direkt fénye később pedig az égboltfény világította meg a területet. A vizuális megfigyeléseken túl videofelvételeket is készítettünk az aszfaltút és a tesztfelületek fölötti rajzási viselkedésekről. Ezen kívül fényképfelvételekkel dokumentáltuk a kérészek landolását és peterakását az aszfaltúton és a tesztfelületeken. A kísérletek során mértük a patak-víz hőmérsékletét, a levegő hőmérsékletét a patak és az aszfaltút mellett, valamint az aszfalt és a tesztfelületek felszíni hőmérsékletét.

### ***Az aszfaltútról, a Bükkös-patakról és a tesztfelületekről készült videopolarimetriás felvételek***

Ahhoz, hogy optikai környezetünk különféle polarizációs mintázatait kimutathassuk, számunkra is láthatóvá tegyük, az úgynevezett nagylátószögű vagy képalkotó polarimetriára van szükségünk. Ennek egyik változata a videopolarimetria (HORVÁTH & VARIJÚ 1997, HORVÁTH et al. 1998a,b, GÁL 1997) alkalmas arra, hogy az emberi szem számára láthatatlan, de a technikában jól használható és számos állat számára nélkülözhetetlen fény-polarizáció térbeli eloszlását mérhessük vele és nagyfelbontású, kétdimenziós, hamisszínes eloszlástérképek formájában megjeleníthessük.

A módszer lényege, hogy egy videokamerával felvesszük a kiválasztott tárgy vagy élőhely képét, miközben az objektívlencse előtt egy lineáris polárszűrőt forgatunk. (A lineáris polárszűrő olyan mesterséges vagy természetes kristálybevonatot hordozó optikai szűrő, amely csak bizonyos rezgési síkú fénykvantumokat enged át.) A polárszűrő rezgéssíkját kezdetben például függőlegesen állítjuk, majd néhány másodperc elteltével az óramutató já-

rásával megegyező irányban 45 fokkal elforgatjuk. Ezt a műveletet újabb néhány másodperc elteltével megismételjük, és a polárszűrő mindenkori irányát feljegyezzük. A videofelvételt ezután képdigitalizáló kártyával ellátott személyi számítógéppel feldolgozzuk, és a polárszűrő három állásához (0°, 45°, 90°) tartozó három színes képet állítunk elő. Ha a felvett kép adott pontjáról jövő kép részlegesen poláros, akkor a fény intenzitása ( $I$ ) szinuszosan változik a forgó polárszűrő irányától függően. Egy alkalmas számítógépes programmal az adott képponthez tartozó három fényintenzitás értékre illesztett szinuszfüggvény paramétereiből kiszámítható a vizsgált pontból jövő fény polarizációjának foka és iránya. E számításokat a felvett kép minden egyes pontjára elvégezve végül meghatározható és hamisszínes kódolással a számítógép képernyőjén megjeleníthető a vizsgált tárgy fényintenzitásának, polarizációfokának és polarizációs irányának térbeli eloszlása. A videopolarimetriás felvételek kiértékelését az ELTE Biológiai Fizika Tanszékén, DR. HORVÁTH GÁBOR Biooptika Laboratóriumában végeztük el.

## Eredmények és értékelés

### *A kérészek rajzási viselkedéséről*

Fajtól függően a kérészrajzások napnyugta előtt vagy után kezdődnek május elejétől június végéig minden évben. Miután a rovarok kirepültek a hegyi patakból, a hímek rajokban gyűlnek össze a levegőben 4–5 méterre a talajfelszíntől. A rajzás kezdetekor ilyen diffúz rajokat figyeltünk meg a kirepülési hely szomszédságában a patak mentén, az aszfaltút fölött, az ösvényeknél és a tisztások fölött a kirepülési hely szomszédságában. A rajokat általában ott fedeztük fel, ahol az égbolt látható volt. Az idő előrehaladtával a rajok fokozatosan közelítettek a földfelszínhez és egyre több nőstény repült a rajokba, hogy párosodjon a hímekkel. A párzás után a nőstények visszatértek a patakhoz, vagy az aszfalton landoltak és lerakták petecsomóikat. Később, amikor a levegő hőmérséklete és az alkonyati fény csökkenni kezdett, a rajok fokozatosan elhagyták az erdei tisztásokat és ösvényeket. Főleg ilyenkor figyeltünk meg rajzó kérészeket az aszfaltút fölött és azokon a patakrészekben, amelyek fölött látható volt az égbolt. Ezekben a rajokban mind a hímek, mind a nőstények periodikusan fel-le szálltak, fajspecifikus násztáncot járva (FISCHER 1992), vagy párhuzamosan repültek a víz és az aszfaltfelszín fölött, a völgyből érkező hűvösebb légáramlattal szemben. Gyakran megérintették a víz- és aszfaltfelszínt, vagy leereszkedtek rá néhány másodpercig, majd újra felemelkedtek. Amikor a levegő hőmérséklete 14–15°C alá csökkent és a fényintenzitás is alacsony lett, a kérészrajzás hirtelen abbamaradt és a rovarok eltűntek mind a víz-, mind pedig az aszfaltfelszín közeléből. Leszálltak a környező fák, bokrok leveleire és eltűntek a magaskórósokban. Mind a hat általunk vizsgált kérészfaj ugyanazt a viselkedést mutatta az aszfaltúton, mint a vízfelszínen. A rajzás sűrűsége, a kérészek landolásának, peterakásának száma az aszfaltút azon foltjain volt a legnagyobb, amelyek simábbak és sötétebbek voltak a szomszédos felülethez képest. A reprodukív viselkedés nem jelent meg a világosszürke vagy durva felszínű aszfaltrészek fölött. A nőstény kérészimágók egyik jellemző reakciója a sima felszínű, fekete aszfaltfoltok felett a következő volt: Miután a levegőben megtörtént a kopuláció, a nőstények megérkeztek az egyik folt fölé. Először átrepültek a folt fölött, majd hirtelen visszafordultak annak határán

és a völgyből érkező gyenge légáramlással szembefordulva szinte egy helyben repültek a folt felett. A nőstények több alkalommal érintették az aszfaltfelszínt, majd leszálltak rá, hogy lerakják petecsomóikat. A megfigyelt viselkedés alapján megállapíthattuk, hogy a sötétebb és simább aszfalt sokkal vonzóbb a vizet kereső kérészek számára.

Az általunk vizsgált hat kérészfajnál két olyan repüléstípust figyeltünk meg, amely általában csak a víz felett következik be:

1. A nőstények szembehelyezkedtek a völgyből érkező gyenge légáramlással, majd oda-vissza repültek az aszfaltút felületével párhuzamosan, le-fel táncoltak és néha érintették az aszfaltot. Ezt a repülési típust csak a nőstények mutatták az aszfaltút középű részén.

2. A petéző repülés során a nőstények jellegzetes fajspecifikus mozgáskombinációt mutattak be (FISCHER 1992), amely különbözött a rajzó himimágók táncától és egyidejűleg jelent meg azzal. A petéző repülés előrehaladtával egyre több nőstény imágó rakta le petéit. A repülés végén a nőstények leszálltak az aszfaltra és lerakták petecsomóikat. A nőstények leszálltak az aszfaltra és addig maradtak ott, amíg ki nem préselték testükből és le nem rakták petecsomóikat. A petéző repülés funkciója elsősorban az optimális petézőhely megtalálása, és/vagy a nagyszámú pete kipréselése, és/vagy védekezés a rajzó hím imágók kopulációs támadásával szemben (FISCHER 1992).

A hímek szintén periodikusan érintgették az aszfaltfelszínt repülésük során, miközben szembefordultak a légáramlással. Az egyedek egy része csak a cercuszaival érintette az aszfaltot, miközben folyamatosan le-fel szállt az út fölött. Mások leereszkedtek az aszfaltra és egy-két másodpercet töltöttek ott. Ezután felszálltak, majd néhány másodperccel később újra leszálltak. A hímek hasonló vízérintő repülését figyelte meg FISCHER (1992) a kérészek kirepülési helyein, a vízfelszínen (*Baetis vernus*, *Ecdyonurus venosus*, *Rhithrogena semicolorata*, *Ephemera danica*) fajok esetében. FISCHER (1992) szerint ezek a vízérintgetések teszik lehetővé, hogy az imágók vizet vegyenek fel, vagy a cercuszaik segítségével érzékeljék a helyzetüket a vízfelszín fölött.

### **Testfelületes kísérletek rajzó kérészekkel**

Az 1. táblázat bemutatja a levegő hőmérsékletét és a *R. semicolorata* egyedek landolásainak számát három különböző tesztfelszín (fényes fekete műanyag fólia, fényes fehér műanyag fólia, fényes alumínium fólia) 0,1x0,1 m-es felületén.

A *R. semicolorata* egyedeket szinte kizárólag csak a fényes fekete műanyag fólia vonzotta. Az aszfaltút feletti rajzás kezdetekor (kb. 19 órakor, nyári időszámítás szerint) csak néhány kérész landolt a fekete fólián, de a számuk gyorsan nőtt az idő előrehaladtával. 20:40-kor a reprodukció aktivitás elérte maximumát a műanyag fólián. A rajzás intenzitása 20–30 perccel később hirtelen alábbhagyott a hőmérséklet és a világosság csökkenése miatt.

A fényes fehér műanyag fólia és az alumínium fólia nem vonzotta a *R. semicolorata* egyedeket. Amint azt a 2. táblázat demonstrálja, hasonló eredményeket kaptunk az *E. silvicola* esetében is. A mérések során nem találtunk hőmérsékletkülönbséget a tesztfelületek között. Mindkét hőmérséklet fokozatosan csökkent a rajzás előrehaladtával.

Az 1996-ban végzett első tesztfelületes kísérletsorozat eredményeként megállapítottuk, hogy a fényes fekete műanyag fólia (amelyik oly módon tükrözte vissza a fényt, hogy a fényugár beesési szöge egyenlő volt a visszaverődés szögével, és csak kis mennyiségben



verődött vissza a fény más irányokba) volt az egyetlen vonzó felület mind a hat általunk vizsgált kérészfaj számára. Tesztfelületként kevésbé fényes fekete vásznat és matt fehér vásznat használtunk, amely diffúzan minden irányban verte vissza a fényt. A kísérletek eredményeit a 3. táblázat mutatja be.

**1. táblázat.** A levegő hőmérséklete, valamint háromféle tesztfelület (fényes fekete műanyag fólia, fényes fehér műanyag fólia, fényes alumínium fólia) 0,1 x 0,1 m-es területén, 30 s alatt landoló *R. semicolorata* egyedek száma, 1996. május 23-án.

**Table 1.** Air temperature and the number of *Rhithrogena semicolorata* landing on a 0.1 m x 0.1 m area of three test surfaces (shiny black plastic sheet, shiny white plastic sheet, shiny aluminium foil) during a period of 30 s on 23 May 1996.

Idő (h)	Levegő hőmérséklet (°C)	Rovarlandolások száma		
		fényes fekete műanyag fólia	fényes fehér műanyag fólia	fényes alumínium fólia
19:06	25,5	1	0	0
19:09	25,5	3	1	0
19:12	25,0	4	0	0
19:32	24,0	8	0	0
19:35	24,0	9	2	0
19:41	23,5	13	1	0
20:09	21,5	16	0	0
20:20	21,0	33	1	0
20:25	20,5	57	1	2
20:33	20,0	97	1	0
20:40	19,0	166	0	0
20:48	18,0	85	0	2
20:56	17,0	29	2	0
21:02	16,0	9	1	0

A fényes fekete műanyag fólia itt is vonzóbb volt mint a vásznak. A fehér vászon egyáltalán nem, míg a fekete vászon kis számban vonzotta a kérészeket. Ennek az volt az oka, hogy a fekete vászon kissé fényes volt. Az 1997-ben folytatott kísérleteink során az egyik felület egy teljesen matt fekete vászon volt. A másik két tesztfelület a fényes fekete műanyag fólia és a matt fehér vászon volt. A tesztfelületek fölött közvetlenül rajzó és landoló *Epeorus silvicola* egyedek számát a 4. táblázat adja meg. A fekete és fehér matt felületek nem vonzották a kérészeket, csak a fényes fekete műanyag felszín volt vonzó számukra. Hasonló eredményeket kaptunk a *Rhithrogena semicolorata* esetében is (5. táblázat). Ennél a fajnál a vásznakon és az alumínium fólián megfigyelt kérészek főleg kopuláló párok voltak, amelyek még a levegőben kezdték el a párázást és ezután hullottak a tesztfelületre. A fekete műanyag fólián megfigyelt kérészek főleg egyedülálló hímek és petéző nőtények voltak, bár elég sok kopuláló pár is volt a felszínen.

**2. táblázat.** A levegő és a tesztfelületek hőmérséklete, valamint háromféle tesztfelület (fényes fekete műanyag fólia, fényes fehér műanyag fólia, fényes alumínium fólia) 0,1 m x 0,1 m-es területén, 30 s alatt landoló *E. silvicola* egyedek száma, 1996. június 3-án.

**Table 2.** Air temperature, temperature of the test surfaces and the number of *Epeorus silvicola* landing on a 0.1 m x 0.1 m area of three test surfaces (shiny black plastic sheet, shiny white plastic sheet, shiny aluminium foil) during a period of 30 s on 3 June 1996.

Idő (h)	A levegő hőmérséklete (°C)	A tesztfelületek hőmérséklete (°C)	Rovarlandolások száma		
			fényes fekete műanyag fólia	fényes fehér műanyag fólia	fényes alumínium fólia
19:10	25,0	27,5	11	0	0
19:12	25,0	27,0	9	0	0
19:15	24,5	27,0	9	0	0
19:19	24,0	26,5	24	0	0
19:22	23,5	26,0	26	1	0
19:25	23,0	25,5	19	1	0
19:29	22,0	24,5	16	0	0
20:03	21,5	23,5	3	0	0

**3. táblázat.** Háromféle tesztfelület (fényes fekete műanyag fólia, kissé fényes fekete vászon, matt fehér vászon) 0,1 x 0,1 m-es területén, 30 s alatt landoló *R. semicolorata* egyedek száma, 1996. június 17-én.

**Table 3.** The number of *Rhithrogena semicolorata* landing on a 0.1 m x 0.1 m area of three test surfaces (shiny black plastic sheet, slightly shiny black cloth, matt white cloth) during a period of 30 s on 17 June 1996.

Idő (h)	Rovarlandolások száma		
	fényes fekete műanyag fólia	kissé fényes fekete vászon	matt fehér vászon
19:33	25	6	0
19:38	18	3	0
19:43	20	3	2
19:48	25	2	0
19:53	23	5	1
19:58	22	4	0
20:03	24	4	0
20:08	16	3	0
20:13	23	4	0
20:18	21	4	0

Az 5. táblázat mutatja a hat kérészfajnál megfigyelt tipikus eloszlást. A rajzás kezdete-kor csak néhány kérész imágó landolt a fényes fekete műanyag fólián, de később majdnem minden rajzó egyed periodikusan landolt rajta. A rajzás végén a korábban a fekete műa-

anyag fólia felett repülő kérészegyedek közül egyre többen ereszkedtek a fóliára. Amikor a fekete műanyag fólia egy részét bededtük egy másikfajta tesztfelülettel, akkor a reprodukív viselkedés ebben a régióban abbamaradt, de a környező részeken ugyanúgy folytatódott.

**4. táblázat.** Háromféle tesztfelület (fényes fekete műanyag fólia, matt fekete vászon, matt fehér vászon) 0,1 x 0,1 m-es területén landoló, és 0,1 m-es magasságban felette repülő *E. silvicola* egyedek száma, 30 s alatt, 1997 május 6-án. A kérészek számát a+b formátumban adtuk meg, ahol 'a' a felületen landoló kérészek, míg 'b' a felület fölött rajzó kérészek száma.

**Table 4.** The number of *Epeorus silvicola* landing on and flying above (within a height of 0.1 m) the 0.1 m x 0.1 m area of three test surfaces (shiny black plastic sheet, matt black cloth, matt white cloth) during a period of 30 s on 6 May 1997. The numbers of mayflies are given in the format a+b, where a is the number of insects landing on the surface and b is the number of insects swarming above it.

Idő (h)	Rovarlandolások száma		
	fényes fekete műanyag fólia	matt fekete vászon	matt fehér vászon
20:12	13 + 50	0 + 3	0 + 0
20:14	20 + 150	1 + 2	0 + 0
20:20	160 + 170	0 + 0	0 + 0
20:27	32 + 32	0 + 0	0 + 0
20:30	16 + 10	0 + 0	0 + 0

Amikor pedig eltávolítottuk a másikfajta tesztfelületet, akkor néhány másodperc múlva újra megjelentek az állatok és reprodukív viselkedést mutattak a korábban letakart rész felett is.

Azért, hogy demonstráljuk a rajzó kérészek erős vonzódását a fényes fekete műanyag fóliához, több alkalommal áthelyeztük a tesztfelületet úgy, hogy közben folyamatosan nagy számban rajzottak felette a kérészek. A fóliát lassan mozdítottuk el úgy, hogy a felszíne mindvégig vízszintes maradjon. A fekete műanyag fóliát 3–4 méterrel vittük távolabb az eredeti helytől, miközben a rajzó kérészek mindvégig követték a lassan mozgó fóliát.

Amikor a fekete műanyag fóliát a rajzó kérészek „felhőjével” együtt egy másik tesztfólia fölé vittük, majd a fekete fóliát hirtelen eltávolítottuk, akkor a „kérészfelhő” az új tesztfelület fölé hamar szétszórt. Amikor a tesztfelületek elhelyezkedését megváltoztatva a fekete fóliát felcseréltük egy másik, a kérészek számára nem vonzó tesztfelülettel, akkor a kérészek gyorsan visszatértek a preferált fekete fóliához és rajba tömörültek. Ha a fekete fóliát függőleges helyzetbe fordítottuk, akkor a kérészek nem rajzottak a közelében és nem is követték, amikor lassan elmozdítottuk. Ugyanezt tapasztaltuk, amikor ezt a kísérletet a többi tesztfelülettel is elvégeztük.

Lepkeháló segítségével több tucat kérészt gyűjtöttünk be (egyedülálló hímeket és nőtényeket, petéző nőtényeket, és kopuláló párokat), amelyek a fekete fólia fölött rajzottak, majd eleresztettük őket egy másik tesztfelületen. Ezek a kérészek nem folytatták reprodukív viselkedésüket az új tesztfelületen, hanem elhagyták azt és visszatértek a fekete fóliához. Ha a fekete fólián begyűjtött kérészeket egy másik fekete fólia fölött engedték szaba-

don, akkor ezek az egyedek nem váltottak helyet, hanem újra kezdték reprodukciós viselkedésüket. Ez azt bizonyítja, hogy a befogott kérészek nem a befogási procedura miatt repültek el a fekete fóliától eltérő tesztfelületektől, hanem ezek a tesztfelületek taszítóak voltak a számukra.

A hegyi patak vizének hőmérséklete 12–14 °C között volt és nem változott a rajzás során a vizsgált napokon. A levegő hőmérséklete a patak felett (a távolság 1 m volt a vízfelszín fölött) magasabb volt, mint a víz hőmérséklete és 20–22 °C-ról 14–15 °C-ra csökkent a rajzás kezdetétől a befejezésig minden nap. A levegő hőmérséklete az aszfaltút felett (a távolság 1 m volt a felszíntől) mindig magasabb volt, és 25–26 °C-ról 16–17 °C-ra csökkent a rajzás folyamán (1.táblázat). A legmagasabb hőmérsékleteket az aszfaltúton és a tesztfelületeken mértük (2.táblázat).

**5. táblázat.** Négyféle tesztfelület (fényes fekete műanyag fólia, matt fekete vászon, matt fehér vászon, fényes alumínium fólia) 0,1 x 0,1 m-es területén, 30 s alatt landoló *R. semicolorata* egyedek száma, 1997. május 11-én.

**Table 5.** The number of *Rhithrogena semicolorata* landing on a 0.1 m x 0.1 m area of four test surfaces (shiny black plastic sheet, matt black cloth, matt white cloth, shiny aluminium foil) during a period of 30 s on 11 May 1997.

Idő (h)	Rovarlandolások száma			
	fényes, fekete műanyag fólia	matt fekete vászon	matt fehér vászon	fényes alumínium fólia
19:10	6	0	0	0
19:15	8	0	1	0
19:20	8	0	1	0
19:25	11	0	0	1
19:39	12	1	0	0
19:43	13	1	0	2
19:47	12	0	0	0
19:51	21	0	0	0
19:54	20	3	0	0
19:57	18	4	0	1
20:00	26	4	0	4
20:03	23	3	0	0
20:06	28	2	0	0
20:09	31	2	0	1
20:12	35	0	0	1
20:13	29	2	0	0
20:15	60	2	0	1
20:16	63	5	0	1
20:21	64	0	0	0
20:25	63	0	0	0
20:28	58	0	0	0
20:31	26	0	0	0
20:34	8	0	0	0
20:37	8	0	0	0

A kérészek rajzása napnyugtakor vagy nem sokkal ezután kezdődött, amikor a levegő hőmérséklete még mindig elég magas volt, mind az aszfaltút, mind a patak felett. A rajzás befejeződött, amikor a hőmérséklet 14–16 °C alá süllyedt. A magasabb hőmérsékletű aszfaltút felett a kérészek reprodukív viselkedése kb. 15 perccel tovább tartott, mint azokon a patakrészekon, ahonnan az égbolt látható volt.

Mivel a tesztfelületek hőmérséklete nem különbözött egymástól, az eltérő kérészreakciókat nem lehet magyarázni a hőmérséklet érzékelésével. Hasonlóan a szaglás szerepét is kizárhatjuk a tesztfelületek kiválasztásánál (lásd alább). Feltételezésünk szerint a kérészek azért részesítették előnyben az aszfaltutat és a fekete műanyag fóliát, és azért kerültek el a többi tesztfelületet, mert ezek a felületek vizuálisan vonzóak, kevésbé vonzóak, vagy taszítóak voltak a számukra.

### *A videopolarimetriás vizsgálatok kiértékelései*

A fényes fekete műanyag fóliáról ( $\delta=55\%$ ) és a nedves aszfaltról ( $\delta=51\%$ ) visszavert fény  $\delta$  polarizációfoka volt a legnagyobb. A száraz aszfaltútról visszavert fény polarizációfoka ( $\delta=31\%$ ) még mindig elég jelentős volt és sokkal magasabbnak bizonyult, mint a kissé fényes vászonról ( $\delta=15\%$ ), a matt fekete vászonról ( $\delta=9\%$ ) és a fényes fehér műanyag fóliáról ( $\delta=7,7\%$ ) visszavert fény polarizációfoka. A matt fehér vászon ( $\delta=3,3\%$ ) és a fényes alumínium fólia ( $\delta=3,2\%$ ) gyakorlatilag polarizálatlan fényt vert vissza. A hozzátévelegesen sík felületű, vízszintesen polarizált fényt visszaverő felületek miatt a száraz és nedves aszfaltútról, a fényes fekete, és a fényes fehér műanyag fóliákról visszaverődő fény polarizációjának iránya nem különbözött szignifikánsan a vízszintestől. A vásznanról visszavert fény elektromos térerősség vektorai (E-vektorai) viszont szignifikánsan különböztek a vízszintes iránytól a vásznak felületi egyenetlenségei miatt. A fényes alumínium fólia úgy verte vissza a fényt, hogy közben nem változott meg sem a foka, sem az iránya a beeső fény polarizációjának. Mivel a rajzási helyek és a tesztfelületes kísérletek helyszíne, az ég és a növényzet véletlenszerűen orientálódó levéllemezei véletlenszerűen orientálódó E-vektorokat alakítanak ki, az alumínium fóliáról visszaverődő fény polarizációjának az iránya is véletlenszerű, és a viszonylag alacsony polarizációfok jelentősen változik pontról-pontra a nézőpont irányától függően (POMOZI 1997, HORVÁTH & POMOZI 1997).

Ha a kérészek pozitív fototaxissal vonzódtak volna az aszfaltúthoz, akkor a fényes alumínium fólia, a fényes fehér műanyag fólia és a matt fehér vászon vonzotta volna őket a leginkább. Miután ennek az ellenkezőjét tapasztaltuk, ezért a fototaxis nem lehet az aszfaltnál tapasztalt viselkedés kulcsa. Azt figyeltük meg, hogy a kérészek csak a fényes fekete műanyag fóliához vonzódtak a tesztfelületek közül. Ez nem magyarázható a fekete fóliáról visszavert fény alacsony intenzitásával, mert a matt fekete vászon is hasonlóan kevés fényt vert vissza, mégsem volt vonzó a kérészek számára. Amikor a fény beesési szöge megegyezik a visszaverődés szögével, akkor a fényes fekete felület több fényt ver vissza, mint a matt fekete, ezért mindent összefoglalva a visszavert fény mennyisége nem vonzó inger a kérészek számára.

A műanyag fóliákról visszavert fény polarizálttá válik, de a fehér műanyag fóliáról visszavert fény polarizációfoka ( $\delta=7,7\%$ ) sokkal kisebb, mint a feketéről visszavert fényé ( $\delta=55\%$ ). A vásznanról visszavert fény polarizációfoka szintén nagyon alacsony volt, a visszavert fény E-vektora nem volt vízszintes. Mindezek alapján azt feltételezzük, hogy a

visszavert fény polarizációja lehet az a legfontosabb tényező, amely megmagyarázza a fényes fekete műanyag fólia vonzó hatását. Megfigyeltük, hogy a fekete műanyag fólia csak akkor volt vonzó, ha a felszíne vízszintes volt. A függőleges helyzetű fekete műanyag fólia, amelyről olyan fény verődött vissza, amelynek E-vektora függőleges, nem volt vonzó a kérészek számára. Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy csak a vízszintesen polarizált fény vonzza a kérészeket.

### ***Új tereptani módszer a kérészek rajzási viselkedésének tanulmányozására***

Eredményeink azt sugallják, hogy a fényes fekete műanyag fólia kiválóan használható eszköz a kérészek reprodukív viselkedésének kutatásában. A terepen természetes körülmények között gyakran bonyolult tanulmányozni a kérészek rajzását, mert sokszor megközelíthetetlen helyeken csoportosulnak, a vízfelszín fölött vagy például nagy magasságokban. Néhány négyzetméternyi fényes fekete műanyag fólia elhelyezésével azonban odavonzhatjuk az egész rajt, amivel könnyebbé válik a kérészek tanulmányozása és befogása. Ez az egyszerű módszer segítségére lehet a kérészekkel foglalkozó terepkutatóknak.

### ***Az egyedfejlődésükben vízhez kötött rovarok reakciói az aszfaltúton és a tesztfelületeken***

Az aszfaltúton a kérészek mellett gyakran találtunk álkérészt (*Plecoptera*) imágókat is, hímeket és petés nőstényeket egyaránt. Az álkérészek többsége *Nemoura cinerea* volt. Az aszfaltúton több alkalommal megfigyeltünk *Chloroperla sp.* és *Isoperla sp.* egyedeket is. Terepvizsgálataink során szinte minden alkalommal megtaláltuk egy a *Hydropsyche* családba tartozó tegzesfaj egyedeit az aszfaltúton. A fényes fekete fólián ezen kívül egy alkalommal megfigyeltük még molnárkák (*Gerris sp.*) és sárgaszegélyű csíkbogár (*Dytiscus marginalis*) becsapódását is.

Mindezek a tapasztalatok azt sugallják, hogy a vizsgált kérészekon kívül más rovarok is polarotaxissal detektálják a vizet, ami a vízkereső stratégiának jelentős elterjedtségére és evolúciós sikerére is utal.

**Köszönetnyilvánítás:** Kutatásainkat részben az OTKA T-020931 és F-025826 számú pályázatai támogatták.

### **Irodalom**

- ANDRIKOVICS S. (1991): On the long-term changes of the invertebrate macrofauna in the creeks of the Pilis-Visegrádi mountains (Hungary). – Verh. Int. Verein. Limnol. 24: 1969–1972.
- ANDRIKOVICS S. & KÉRI A. (1991): Winter macroinvertebrate investigations along the Bükkös stream (Visegrádi Mountains, Hungary). – Opusc. Zool. Budapest 24: 57–67.
- BERNÁTH B. (1999): A polarizáció-látás szerepének vizsgálata rovarok és madarak vízkeresésében. – Diplomamunka, ELTE TTK Biológiai Fizika Tanszék, Budapest, p. 50.
- BRODSKIY A. K. (1973): The swarming behavior of mayflies (Ephemeroptera). – Entomol. Rev. 52: 33–39.
- FERNANDO C. H. (1958): The colonization of small freshwater habitats by aquatic insects. General discussion, methods and colonization in the aquatic Coleoptera. – Ceylon J. Sci. 1: 116–154.

- FISCHER C. (1992): Evolution des Schwarmfluges und Flugverhalten der Ephemeropteren. – Ph.D. Thesis, Num. 1992/3291, Friedrich Alexander University of Erlangen-Nürnberg, pp. 1–171.
- GÁL J. (1997): Some biophysical applications of video polarimetry. – Diploma Thesis, Loránd Eötvös University, Department of Atomic Physics, Biophysics Group, Budapest, p. 96.
- HORVÁTH G. (1993): Computational Visual Optics. Theoretical Physiologic Optical Study of the Optical Environment and Visual System of Animals. – Kandidátusi Értekezés. Magyar Tudományos Akadémia Központi Fizikai Kutatóintézete, Biofizika Csoport (Budapest), pp. 1–256.
- HORVÁTH G. (1995): Reflection-polarization patterns at flat water surfaces and their relevance for insect polarization vision. – *J. Theor. Biol.* 175: 27–37.
- HORVÁTH G. & ZEIL J. (1996a): Kuwait oil lakes as insect traps. – *Nature* 379: 303–304.
- HORVÁTH G. & ZEIL J. (1996b): Állatcsapdák, avagy egy olajtócsa vizuális ökológiája. – *Természet Világa* 127: 114–119.
- HORVÁTH G. & POMÓZI I. (1997): How celestial polarization changes due to reflection from the deflector panels used in deflector loft and mirror experiments studying avian navigation. – *J. Theor. Biol.* 184: 291–300.
- HORVÁTH G. & VARIJÚ D. (1997): Polarization pattern of freshwater habitats recorded by video polarimetry in red, green and blue spectral ranges and its relevance for water detection by aquatic insects. – *J. Exp. Biol.* 200: 1155–1163.
- HORVÁTH G., BERNÁTH B. & MOLNÁR G. (1998a): Dragonflies find crude oil visually more attractive than water: multiple-choice experiments on dragonfly polarotaxis. – *Naturwissenschaften* 85: 292–297.
- HORVÁTH G., POMÓZI I. & GÁL J. (1998b): Videopolarimetria. – *Élet és Tudomány* 53: 756–757.
- KRISKA GY., HORVÁTH G. & ANDRIKOVICS S. (1998): Why do mayflies lay their eggs en masse on dry asphalt roads? Water-imitating polarized light reflected from asphalt attracts Ephemeroptera. – *J. Exp. Biol.* 200: 2273–2286.
- POMÓZI I. (1997): Atlas of polarization patterns of some water-imitating shiny surfaces and their biological relevance. – Diploma Thesis, Loránd Eötvös University, Department of Atomic Physics, Biophysics Group, Budapest, p. 110.
- POPHAM E. J. (1964): The migration of aquatic bugs with special reference to the Corixidae (Hemiptera Heteroptera). – *Arch. Hydrobiol.* 60: 450–496.
- SAVOLAINEN E. (1978): Swarming in Ephemeroptera: the mechanism of swarming and the effects of illumination and weather. – *Ann. Zool. Fennici* 15: 17–52.
- SCHWIND R. (1985): Sehen unter und über Wasser, Sehen vom Wasser: Das Sehsystem eines Wasserinsektes. – *Naturwissenschaften* 72: 343–352.
- SCHWIND R. (1991): Polarization vision in water insects and insects living on a moist substrate. – *J. Comp. Physiol. A* 169: 531–540.
- SCHWIND R. (1995): Spectral regions in which aquatic insects see reflected polarized light. – *J. Comp. Physiol. A* 177: 439–448.
- SCHWIND R. & HORVÁTH G. (1993): Reflection-polarization pattern at water surfaces and correction of a common representation of the polarization pattern of the sky. – *Naturwissenschaften* 80: 82–83.
- WILDERMUTH H. (1993): Habitat selection and oviposition site recognition by the dragonfly *Aeshna juncea* (L.): an experimental approach in natural habitats (Anisoptera, Aeshnidae). – *Odonatologica* 22: 27–44.
- WILDERMUTH H. (1998): Dragonflies recognize the water of rendezvous and oviposition sites by horizontally polarized light: A behavioural field test. – *Naturwissenschaften* 85: 297–302.
- WILDERMUTH H. & SPINNER W. (1991): Visual cues in oviposition site selection by the *Somatochlora arctica* (Zetterstedt) (Anisoptera: Corduliidae). – *Odonatologica* 20: 357–367.

Water detection of mayflies.  
Why do mayflies lay their eggs en masse on dry asphalt roads?

GYÖRGY KRISKA & SÁNDOR ANDRIKOVICS

We report on dry asphalt roads acting as „mayfly traps”, that is, they lure swarming, mating and egg-laying mayflies in large numbers. To explain this surprising behaviour, we performed multiple-choice experiments with Ephemeroptera in the field, measured and compared the reflection-polarization characteristics of an asphalt road and a mountain creek from which mayflies emerge. We show here that Ephemeroptera can be deceived by and attracted to dry asphalt roads because of the strongly horizontally polarized light reflected from the surface. Asphalt surfaces can mimic a highly polarized water surface to Ephemeroptera. The darker and smoother the asphalt surface, the higher is the degree of polarization of reflected light and the more attractive is the road to mayflies. We show that mayflies detect water by means of polarotaxis, that is, on the basis of the partially and horizontally polarized reflected light. Asphalt roads are excellent markers for swarming Ephemeroptera because of their conspicuous elongated form, the sky above them is usually open, which is the prerequisite of mayfly mating, and the higher temperature of the asphalt prolongs the reproductive activity of mayflies. These additional factors enhance the attractiveness of asphalt roads to swarming mayflies. Thus, asphalt roads near ephemeropteran emergence sites (lakes, rivers and creeks) are a great danger for mayflies, because eggs laid on the asphalt inevitably perish. Asphalt roads can deceive and attract mayflies en masse like the ancient tar pits and asphalt seeps or the recent crude or waste oil lakes deceive, lure and trap polarization-sensitive water-seeking insects in large numbers.



# Vízi rovarok polarotaxisának vizsgálata a budapesti pakuratonál

BERNÁTH BALÁZS<sup>1</sup> és KRISKA GYÖRGY<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológiai Fizika Tanszék, H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1.  
E-mail: bbernath@arago.elte.hu

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológiai Szakmódszertani Csoport, H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1.  
E-mail: kriska@ludens.elte.hu

**Összefoglalás.** Napjainkban a kőolaj- és pakuratainak kialakulását elsősorban az ember tevékenysége okozza, jóllehet időnként természetes folyamatok eredményeként is keletkeznek kátránytavak. Ezek az olajtavak nagyszámú vízi rovarra ejtenek csapdát, és érdekes területei az evolúciós folyamatok vizsgálatának. A kőolaj és kátránytavak az aszfaltutakhoz hasonlóan a felszínükről visszavert vízszintesen polarizált fényrel megtévesztik a vizet kereső rovarokat. A rovarok vízdetektálását vizsgáló kutatásaink helyszíne egy nyíltvízi pakuratról, a budapesti pakuratóról, melynek felszíne tükröződési-polarizációs sajátágaiban jellegzetes évszakos változást mutatott. A pakurató közelébe kerülő vízi rovarok jelentős része a tó felszínén landolt és elpusztult. A budapesti pakurató mellett szerzett tapasztalataink megerősítették azt a hipotézist, hogy a vizsgált vízi rovarok polarotaxisal detektálják a vízfelszíneket. A vízi rovarok látásának és vízdetektáló mechanizmusának megismerése környezetvédelmi szempontból is fontos, mert ennek alapján lehetőség van olyan környezetkimélő technológiák bevezetésére, amelyek nem hoznak létre a vízi rovarokat megtévesztő felületeket.

**Kulcsszavak:** vízi rovarok, polarotaxis, vízfelszín-érzékelés, pakurató, mesterséges tükrözőfelületek.

## Bevezetés

Napjainkban a kőolaj- és pakuratainak kialakulását elsősorban az ember környezet-átalakító tevékenysége okozza. Erre láthatunk példát az Öböl-válság nyomán kialakult kőolajtavak esetében is. Az 1990/91-es Öböl-háború végén a Kuvaiból visszavonuló iraki hadsereg több mint 900 olajkutató robbantott fel, aminek eredményeként több millió hordónyi kőolaj ömlött az Arab-öbölbe és a sivatag homokjába. Azóta is több száz kisebb-nagyobb kőolajtó található ezen a területen (PEARCE 1995). Az olajfelszín ugyan homokkal fűjja be a sivatagi szél, de az évszakok váltakozása során a csillogó felület rendszeresen megújul. A felbuggyanó kőolaj az ősi aszfaltmocsarakhoz hasonlóan számos állatot téveszt meg és ejt csapdát (PILCHER & SEXTON 1993). Ezek az állatok túlnyomórészt vízi rovarok és vízi madarak (HORVÁTH & ZEIL 1996a,b). Rendszeresen keletkeznek kisebb-nagyobb olajfoltok a kőolaj kitermelése, szállítása és feldolgozása során is.

Bizonyos esetekben természetes folyamatok eredményeként, a föld mélyén képződő kőolaj felszínre szivárgása nyomán is keletkeznek kátránytavak. Ezek létrejöttükkor több száz méteres mélységből a repedéseken, vetődéseken és az átjárható rétegeken keresztül szivárog a kőolaj a felszínre. Itt az illékonyabb kis szénatomszámú komponensek elpárolognak és természetes aszfaltot, ragadós kátrányt hagynak maguk mögött. Az ősi aszfaltmocsarak

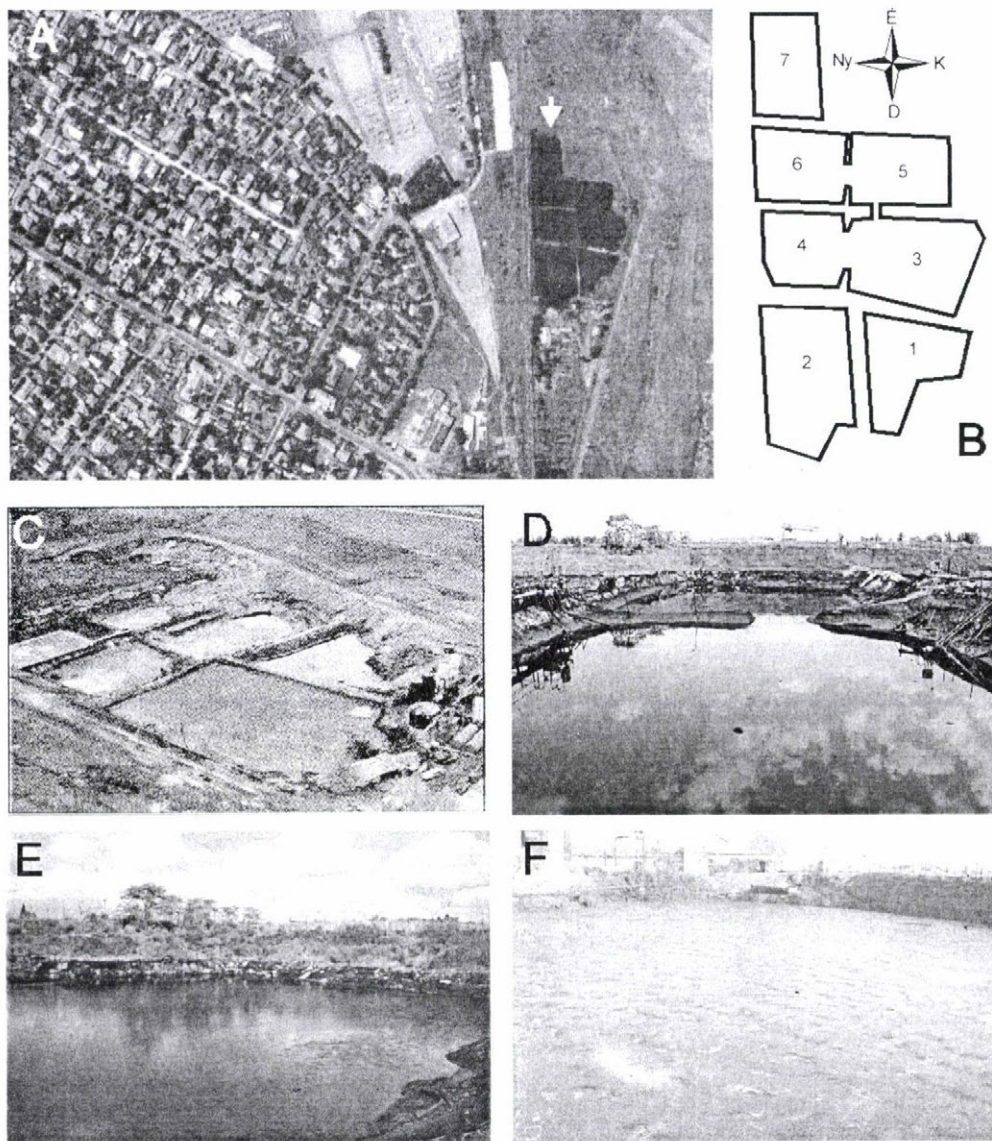
gyakran igen jó megtartású növényi és állati maradványokat tartalmaznak, amelyek fontos szerepet játszanak az őslénytanban (ANGUS 1973, AKERSTEN et al. 1983, KOWALSKI 1999). Az aszfaltmocsarak is érdekes területei az evolúciós folyamatok vizsgálatának. Szinte ez az egyetlen előnye ezeknek a környezetvédelmi szempontból rendkívül káros képződményeknek. Az elfogadott hipotézisek szerint a kátránymocsarakban konzerválódott nagyszámú állat véletlen baleset következtében vált áldozattá, amikor a porral fedett kátrányfelszínre ráléptek, vagy a nagyobb esőzések után az aszfaltfelszínen kialakuló víztócsákból inni akartak. Ugyanakkor e hipotézisek tükrében különös, hogy egyes ősi aszfaltmocsarak nagyszámú vízi rovar és vízi madarat ejtettek csapdába. Észak-Amerika egyik ilyen őslénytemetője a Los-Angeles-i Rancho La Brea, ahonnan a kutatók több száz, már jórészt kihalt növény- és állatfaj maradványait tárták fel (AKERSTEN et al. 1983). A másik híres fosszília-lelőhely nyugat-ukrajnai Staruniában található. Itt egy folyó völgyet növényi és állati maradványokban gazdag pleisztocén iszaphordalék töltött fel (KOWALSKI 1999). Az innen előkerült rovarleletek legnagyobb része bogár és közöttük is a vízi bogarak domináltak. Különösen a *Helophorus* nemzetség tagjai fordultak elő nagy számban (ANGUS 1973). Ez a bogárcsoport hazánkban néhány trágyában előforduló fajt leszámítva szikes vizekben él.

A kőolaj és kátránytavak az aszfaltutakhoz hasonlóan (KRISKA et al. 1998) a felszínről visszavert vízszintesen polarizált fénnel tévesztik meg a vizet kereső rovarokat. Az olajfelszínről tükröződő nap- és égboltfény polarizációs mintázata szupernormális ingerként hat, az állatok akkor is az olajfelszínt választják, ha közvetlenül mellette víz is van (HORVÁTH 1998a). A videopolarimetriás vizsgálatok igazolják (HORVÁTH & ZEIL 1996a,b, GÁL 1997, SZEDENICS 2000), hogy akárcsak az aszfaltutak esetében (KRISKA et al. 1998), ennek két fő oka van: Az egyik az, hogy a kőolaj levegőre vonatkoztatott törésmutatója sokkal nagyobb, mint a vízé. A higfolyós kőolaj törésmutatója (1,39–1,49) de a kátrányé elérheti az 1,57-et is (LEVORSEN 1967), míg a vízé csak 1,33 a látható spektrum középső részén. A Fresnel-formulából következően (GUENTHER 1990) minél nagyobb a törésmutató, annál nagyobb a reflektivitás, a polarizációfok és annál vízszintesebb a tükröződő fény rezgéssíkja. A másik ok a kőolaj fényelnyelő sajátsága, amely jelentősen lecsökkenti a kőolaj belsejéből visszaszóródó vízszintes polarizációt csökkentő fény hatását.

Napjainkban a rovarok polarotaxisához és ezen belül is a vízdetektálásához kapcsolódó nemzetközi kutatások homlokterében azok a terepi vizsgálatok és ezek értelmezései állnak, amelyek egyrészt az egyes élőhelyek jellegzetes rovarcsoportjainak vízdetektálását kutatják különböző tesztfelületek felhasználásával, másrészt bizonyos antropogén hatások környezeti tényezőként megjelenő hatásait vizsgálják (HORVÁTH 1993, 1995, HORVÁTH et al. 1996, 1998a, HORVÁTH & ZEIL 1996a,b, KRISKA et al. 1998, SCHWIND 1985, 1991, 1995, SCHWIND & HORVÁTH 1993, WILDERMUTH 1993, 1998, WILDERMUTH & SPINNER 1991, SZEDENICS, 2000, GÁL et al. 2001).

## Módszerek

A rovarok vízdetektálását vizsgáló kutatásaink helyszíne a budapesti pakurató, egy Pestszentlőrinc és Pestszentimre határában található nyíltfelszíni olajtároló (1. ábra). A budapesti pakurató egy hajdani Tüzép telep helyén létesült, nyolc különálló, úszómedence mére



**1. ábra.** A budapesti pakurató. A: A pakurató a műholdkép jobb oldalán, a fehér nyíllal jelölt terület. B: A hét tóból álló tórendszer vázlatos térképe. C: A pakuratóról készült légifelvétel. D: Nyáron (1997 júliusában) a pakurató felszíne sima és fényes. E: Ősszel (1997 szeptemberében) a léghőmérséklet csökkenésével a tó felszíne egészen mattá válik. F: Télen (1997 decemberében) a tó felülete mattá és érdessé válik, az esővíz kisebb-nagyobb pocsolyákban gyűlik össze a felszínen.

**Figure 1.** The waste-oil lake in Budapest.

tű, több méter mély teknőjét 1952-ben hozták létre. A pakurát, mely a kőolajfinomítás melléktermékeként keletkező sűrűnfolyó kőolajszármazék, vasúti kocsikkal hordták ide. Bár időnként fűtésre elszállítottak belőle, a medencékben folyamatosan mintegy 3000 m<sup>3</sup> pakurát tároltak (POMOZI 1997, SZEDENICS 2000). A budapesti pakurató felszámolása jelenleg folyamatban van, az eddigi munkák eredményeként a pakurát a medencékből kiszivattyúzták és a szennyezett talajrétegek megtisztítását is megkezdték. A helyszínen folytatott mintavételezést 1997 augusztusa és 1998 márciusa között összesen 15 alkalommal végeztük.

A pakuratavak polarizációs mintázatát videopolarimetriás módszerrel (HORVÁTH & VARGA 1997, GÁL & HORVÁTH 1998, HORVÁTH et al. 1998b) kora tavasztól késő őszig rendszeresen mértük, így képet kaptunk a felszínéről visszaverődő fény polarizációs sajátságainak évszakos változásáról, és az időjárástól való függéséről. A felvételek mindig a szoláris meridiánra merőlegesen, a függőlegeshez képest 60 fokos szögben készültek, mikor a nap a zenitől közelítőleg 60 fokra állt. A napi maximális hőmérséklet-adatok az Országos Meteorológiai Szolgálatól származnak.

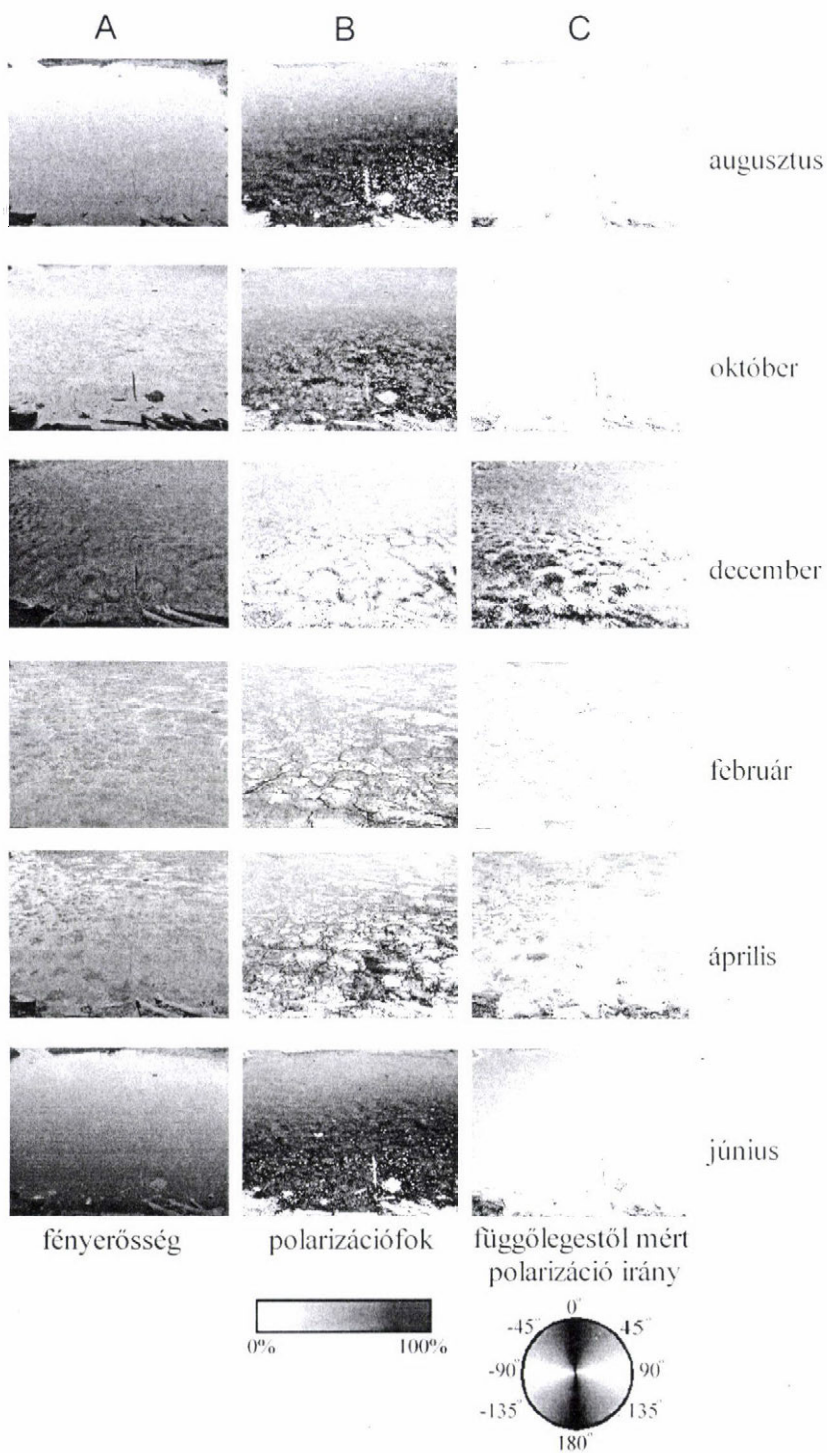
A rovarfajta megfigyelések során lejegyeztük a pakurató által magához vonzott vízi rovarok viselkedését, valamint kvalitatív gyűjtéseket végeztünk a parti részeken és a hígán folyó pakurából. Ez utóbbi során fém térszűrőkkel szűrtük át a kőolajszármazékot, majd az így elválasztott rovarfajtaakat a laboratóriumba szállítottuk feldolgozás céljából. A csapdába esett rovarokról fotó- és videodokumentációt készítettünk.

## Eredmények és értékelés

A pakurató tükröződési-polarizációs sajátságai jellegzetes évszakos változást mutattak (2. és 3. ábra). Nyáron (júniustól augusztusig) az olajfelszín sima és fényes, a róla tükröződő fény erősen és vízszintesen poláros volt, amit nem változtattak meg sem az időszakos esőzések, sem a levegő lehűlése. A pakura viszkozitása alacsony maradt a hatalmas olajtömeg termikus tehetetlensége következtében. Az olaj tehát a rövid hűvös időjárású időszakok alatt megőrizte folyékonyságát. Ezáltal a nehezebb esővíz akadálytalanul le tudott sülyedni a könnyebb olaj alá, így az olajfelszín egész nyáron jellemzően fényes, tükörsima és erősen poláros maradt.

**2. ábra.** A budapesti pakurató tükröződési-polarizációs sajátságainak változása az idő függvényében. A felvételek videopolarimetriával készültek a kék (450 ± 40 nm) színtartományban, tiszta égboltnál, a Nap horizont feletti 30°-os állásánál. A: Az olajfelszínről tükröződő fény erőssége. B: A visszavert fény polarizációfoka ( $\delta$ ) [fehér:  $\delta = 0\%$ ; fekete:  $\delta = 100\%$ ]. C: A tükröződő fény függőlegestől mért polarizációs iránya ( $\alpha$ ) [fekete:  $\alpha = 0^\circ$ ; fehér:  $\alpha = 90^\circ$ ]. A felvételek kéthavonta készültek.

**Figure 2.** Seasonal change of the reflection-polarization characteristics of the surface of the waste-oil lake.





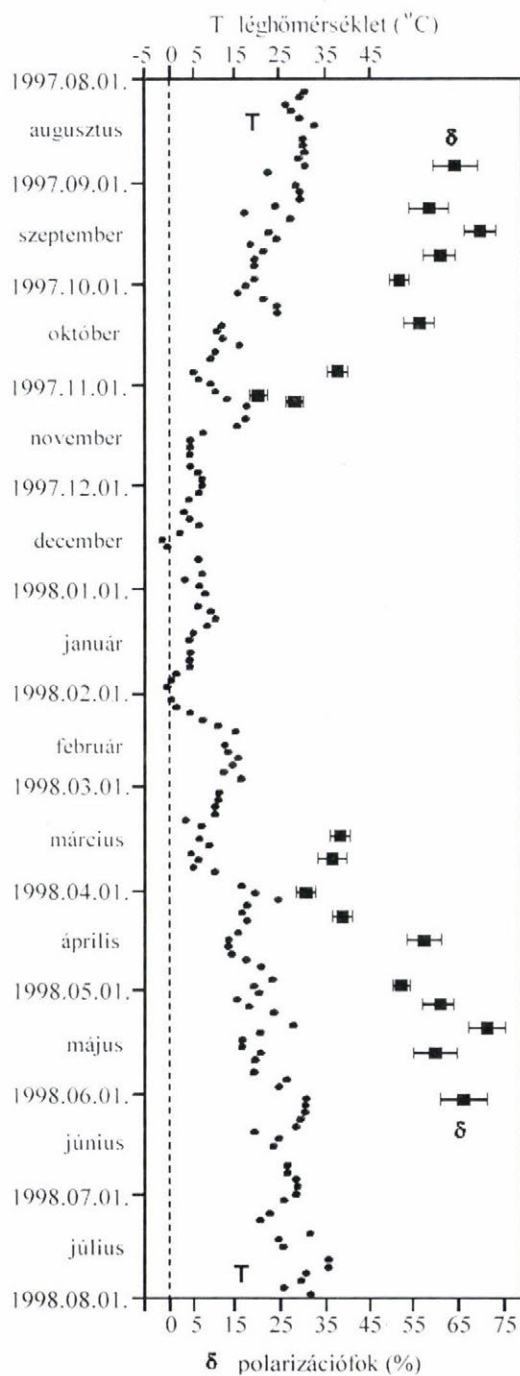
Ősszel (szeptembertől novemberig), ahogy csökkenni kezdett a léghőmérséklet, a pakura felszíne fokozatosan mattá vált, és a tükröződő fény polarizációfoka is jelentősen lecsökkent. Az olaj egyre inkább viszkózus lett. A felszínen a megdermedő pakura egyre keményedő kérget alkotott, és ennek matt régióiról tükröződő fény polarizációs iránya jelentősen eltért a vízszintestől. Télen (decembertől februárig) a pakurafelszín teljesen mattá és redőzté vált, esővíz, vagy hó gyűlt össze rajta. Ha nem fedte hó, akkor a felülete ragadós, aszfalthoz hasonló volt, a róla visszaverődő fény alig volt poláros, és a polarizáció iránya is pontról pontra változott. Tavasszal (márciustól májusig), amikor a léghőmérséklet emelkedni kezdett, az olajfelszín fokozatosan ismét simává és fényessé vált, emelkedett az onnan tükröződő fény polarizációfoka, és az átlagos polarizációs irány is közelített a vízszinteshez (3. ábra).

A pakurató közelébe kerülő vízi rovarok jelentős része a felszínen landolt és légzőnyílásainak eltömődése miatt rövid idő múlva elpusztult. Ezek a rovarok becsapódásuk után hamar elsüllyedtek a pakurában. A hőmérsékletváltozások miatt a pakura térfogata gyakran változott, ezért a visszahúzódó kőolajszármazék helyén tömegesen jelentek meg a korábban elsüllyedt rovartetemek. A partot elborították a csíkbogarak (*Dytiscus*) és csiborok (*Hydrous*), amelyek közül néhányan még képesek voltak kimászni a tóból kiálló fém alkatrészekre. Hasonló módon végezték a pakuratóba csapódó vízi botpoloskák (*Ranatra linearis*) és molnárkák (*Gerris*) is. Az állóvízbe petéző elevevonszülő kérészeket (*Cloeon dipterum*) is megtévesztette a fekete kőolajszármazék, ezért a tavaszi és őszi rajzás után tetemeik ezrével borították a felszínt.

A szitakötők közül elsősorban a közönséges szitakötő (*Sympetrum vulgatum*) és az óriás szitakötő (*Anax imperator*) egyedeit figyeltük meg. Ezek a pakurató fölött pontosan úgy viselkedtek, mintha vízfelszín lenne alattuk. Napsütéses, meleg napokon megfigyeltük a szitakötők násztáncát, sőt peterakásukat is. A peterakáskor a nőtény a pakurába mártogatta potrohvégét, majd a ráragadó pakurától mind jobban elnehezülve belezuhant a folyadékba. A nőtény torát potrohvégével szorító hím ilyenkor szintén a pakurába zuhant, ha nem engedte el még idejében párját. A szitakötők jellegzetes területvédő viselkedését is gyakran megfigyeltük, amellyel a pakurató bizonyos részeit őrizték, megtámadva a területükre tévedő más szitakötőket. A mintavételezések során elsősorban vízi bogár tetemek és szitakötők kerültek elő nagy tömegben a pakuratóból.

**3. ábra.** A levegő napi csúcshőmérséklete (T) Budapesten (a Magyar Meteorológiai Intézet jóvoltából) és az olajfelszínről tükröződő fény átlagos polarizációfoka (az egyes képek minden egyes pontjára jellemző  $\delta$  polarizációfok-értékek átlaga) az idő függvényében. Az átlagos polarizációfokok szórását a szokásos módon jelöltük az ábrán. A kamera merőlegesen nézett a szoláris meridiánra és a függőlegessel  $60^\circ$ -ot zárt be.

**Figure 3.** The maximal air temperature in Budapest and the change of the degree of polarization of light reflected from the oil surface.



A budapesti pakurató mellett szerzett tapasztalataink megerősítették azt a feltételezésünket, hogy a vízi rovarok ezek közelében hasonlóan viselkednek, mint a víz közelében. Az eddigi irodalmi adatok és saját megfigyeléseink valamint gyűjtéseink alapján nyilvánvaló, hogy a vizsgált rovarok [csikbogarak (*Dytiscus*), csiborok (*Hydrous*), vízi botpoloska (*Ranatra linearis*), molnárkák (*Gerris*), elevenszülő kérész (*Cloeon dipterum*), közönséges szitakötő (*Sympetrum vulgatum*), óriás szitakötő (*Anax imperator*)] polarotaxissal detektálják a vízfelszíneket.

A vízdetektáló viselkedések kutatása nemcsak a vízi rovarok látó mechanizmusának megismerése miatt fontos, hanem környezetvédelmi szempontból is: a pakuratóhoz és aszfaltutakhoz hasonló emberi létesítmények esetében lehetőség van olyan környezetkímélő technológiák kialakítására, amelyek nem hoznak létre az állatok számára megtévesztő felületeket. Ha a tükröződő fény polarizációfokát valamilyen módon csökkentjük, és elérjük, hogy a polarizáció iránya a vízszintestől eltérő legyen, akkor az így módosított mesterséges, fényes felületek sokkal kevésbé lesznek veszélyesek a polarizáció-érzékeny, vízhez kötődő rovarokra. Minél inkább világos és egyenetlen egy felület, annál kevésbé poláros, és a róla tükröződő fény polarizációs iránya is annál jobban eltér a vízszintestől. Viszonylag kis költséggel járó óvintézkedésekkel elkerülhetővé válna, hogy a különböző mesterséges olaj-, kátrány- vagy műanyagfelületek ennyire vonzóak legyenek a vízhez kötődő rovarok számára. A különböző, nyílt felszínű olajtárolókat és kiömléseket felszámolásukig be lehetne fedni egy finomszemcsés, fehér polisztirolréteggel. Hasonlóan hatékony, a vízi rovarpopulációkat védő intézkedés volna, ha a vizes élőhelyek közelében húzódó aszfaltutakat vékony, világos homok- vagy kavicsréteggel vonnák be.

**Köszönetnyilvánítás.** Kutatómunkánkat az OTKA T-020931 és F-025826 számú pályázatai támogatták.

## Irodalom

- AKERSTEN W. A., SHAW C. A. & JEFFERSON G. T. (1983): Rancho La Brea: status and future. – *Paleobiology* 9: 211–217.
- ANGUS P. B. (1973): Pleistocene Helophorus (Coleoptera, Hydrophilidae) from Borislav and Starunia in the Western Ukraine, with a reinterpretation of M. Somnicki's species, description of a new Siberian species and comparison with British Weichselian faunas. – *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 265: 299–326.
- GÁL J. (1997): Some biophysical applications of video polarimetry. – Diploma Thesis, Loránd Eötvös University, Department of Atomic Physics, Biophysics Group, Budapest, p. 96.
- GÁL J. & HORVÁTH G. (1998): A vízi rovarok vízkeresése. – *Élet és Tudomány* 53: 884–885.
- GÁL J., HORVÁTH G. & MEYER-ROCHOV V. B. (1998): Measurement of the reflection-polarization pattern of the flat water surface under a clear sky at sunset. – *Remote Sensing of Environment* 76: 103–111.
- GUENTHER R. D. (1990): *Modern Optics*. – John Wiley & Sons, Inc., Duke University.
- HORVÁTH G. (1993): *Computational Visual Optics. Theoretical Physiologic Optical Study of the Optical Environment and Visual System of Animals*. – Kandidátusi Értekezés. Magyar Tudományos Akadémia Központi Fizikai Kutatóintézete, Biofizika Csoport (Budapest), pp. 1–256.



- HORVÁTH G. (1995): Reflection-polarization patterns at flat water surfaces and their relevance for insect polarization vision. – *J. Theor. Biol.* 175: 27–37.
- HORVÁTH G. & VARJÚ D. (1997): Polarization pattern of freshwater habitats recorded by video polarimetry in red, green and blue spectral ranges and its relevance for water by aquatic insects. – *J. Exp. Biol.* 200: 1155–1163.
- HORVÁTH G. & ZEIL J. (1996a): Kuwait oil lakes as insect traps. – *Nature* 379: 303–304.
- HORVÁTH G. & ZEIL J. (1996b): Állatcsapdák, avagy egy olajtócsa vizuális ökológiája. – *Természet Világa* 127: 114–119.
- HORVÁTH G., BERNÁTH B., MOLNÁR G., MEDGYESI D., BLAHA B. & POMOZI I. (1996): Kátránytő mint fénycsapda: a kuvaiti kőolajtavak állatokra gyakorolt vonzásának biofizikai okairól. – *Fizikai Szemle* 46: 221–229.
- HORVÁTH G., BERNÁTH B. & MOLNÁR G. (1998a): Dragonflies find crude oil visually more attractive than water: multiple-choice experiments on dragonfly polarotaxis. – *Naturwissenschaften* 85: 292–297.
- HORVÁTH G., POMOZI I. & GÁL J. (1998b): A vízi rovarok vízkeresése. – *Élet és Tudomány* 53: 756–757.
- KOWALSKI K. (1999): Il Pleistocene di Starunia. In: PINA G. (ed.). *Storia Naturale d'Europa (Lagerstaetten of Europe)*. – Jaca Book SpA. Servizio Lettori, 20123 Milano, Via Gioberti, p. 7
- KRISKA GY., HORVÁTH G. & ANDRIKOVICS S. (1998): Why do mayflies lay their eggs en masse on dry asphalt roads? Water-imitating polarized light reflected from asphalt attracts Ephemeroptera. – *J. Exp. Biol.* 200: 2273–2286.
- LEVORSEN A. I. (1967): *Geology of petroleum*. (2<sup>nd</sup> ed. F. A. F. BERRY) – Freeman, San Francisco.
- PEARCE F. (1995): Devastation in the desert. – *New Scientist* 146 (No. 1971): 40–43.
- PILCHER C. W. T. & SEXTON D. B. (1993): Effects of the gulf war oil spills and well-head fires on the avifauna and environment of Kuwait. – *Sandgrouse* 15: 6–17.
- POMOZI I. (1997): Atlas of polarization patterns of some water-imitating shiny surfaces and their biological relevance. – Diploma Thesis, Loránd Eötvös University, Department of Atomic Physics, Biophysics Group, Budapest, p. 110.
- SCHWIND R. (1985): Sehen unter und über Wasser, Sehen vom Wasser: Das Sehsystem eines Wasserinsektes. – *Naturwissenschaften* 72: 343–352.
- SCHWIND R. (1991): Polarization vision in water insects and insects living on a moist substrate. – *J. Comp. Physiol. A* 169: 531–540.
- SCHWIND R. (1995): Spectral regions in which aquatic insects see reflected polarized light. – *J. Comp. Physiol. A* 177: 439–448.
- SCHWIND R. & HORVÁTH G. (1993): Reflection-polarization pattern at water surfaces and correction of a common representation of the polarization pattern of the sky. – *Naturwissenschaften* 80: 82–83.
- SZEDENICS G. (2000): Vízfelületek és a budapesti pakurató tükröződési-polarizációs sajátosságainak videopolarimetriás vizsgálata. – Szakdolgozat ELTE, Biológiai Fizika Tanszék, Budapest, pp. 1–87.
- WILDERMUTH H. (1993): Habitat selection and oviposition site recognition by the dragonfly *Aeshna juncea* (L.): an experimental approach in natural habitats (Anisoptera, Aeshnidae). – *Odonatologica* 22: 27–44.
- WILDERMUTH H. (1998): Dragonflies recognize the water of rendezvous and oviposition sites by horizontally polarized light: A behavioural field test. – *Naturwissenschaften* 85: 297–302.
- WILDERMUTH H. & SPINNER W. (1991): Visual cues in oviposition site selection by the *Somatochlora arctica* (Zetterstedt) (Anisoptera: Corduliidae). – *Odonatologica* 20: 357–367.

## Investigating the polarotaxis of aquatic insects at the waste-oil lake in Budapest

BALÁZS BERNÁTH & GYÖRGY KRISKA

Nowadays oil spills and oil lakes are formed mainly due to human activity, however sometimes oil lakes are formed also due to natural processes. These lakes lure and trap aquatic insect in great numbers, and are interesting localities for paleontological researches. The waste-oil lakes deceive water-seeking insects by surface-mirrored horizontally polarized light, just as asphalt roads do. Our investigations on the water-detection mechanism of insects were carried out at an open-air waste-oil reservoir in Budapest, so called the waste-oil lake. The reflection-polarization characteristics of the surface of the waste-oil lake showed seasonal changes. Most of the aquatic insects drawing close to the waste-oil lake landed on its surface and perished. Our observations at the waste-oil lakes support the hypothesis that aquatic insects detect water surfaces by polarotaxis. Investigating the visual system and water detection of aquatic insects is very important for environmental purposes, it is the base of initiating environment protecting technologies those not create mirroring surfaces deceiving and killing water insects.

## ***A Hemileius initialis* (Acari: Oribatida) táplálékválasztása szaprofita és endomikorrhiza gombafajok jelenlétében\***

Sárváry Márk<sup>1</sup>, Bakonyi Gábor<sup>1</sup> és Vic. P. Claassen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Szent István Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszék, H-2103 Gödöllő, Péter K. u. 1.

E-mail: mas245@cornell.edu bakonyi@fau.gau.hu,

<sup>2</sup> University of California, Davis, Department of Land, Air and Water Resources,

One Shields Ave., Davis, Ca, 95616 USA E-mail: vpclaassen@ucdavis.edu

**Összefoglalás.** Laboratóriumi táplálékválasztási tesztek végeztünk a *Hemileius initialis* páncélos-atka fajjal. *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Rhizoctonia solani* szaprofita, valamint a *Glomus macrocarpum* endomikorrhiza gombafajokat kínáltunk táplálékkul. Mindegyik kísérletben két gombafaj közül választhattak az állatok. A gombákat párosával, minden lehetséges kombinációban felkínáltuk az állatoknak. A megfigyelés 18 órán keresztül tartott. Megállapítottuk, hogy az állatok táplálékválasztása a kísérleti edénybe való kihelyezés után változhat. Az *R. solani* gombafajt kisebb vagy a másik három fajjal egyenlő mértékben választották. A többi három gombafaj között aszerint preferáltak az állatok, hogy milyen párosításban kínáltuk fel a gombafajokat. A kísérlet eredményei nem támasztják alá azt a más kísérletek eredményei alapján felállított hipotézist, miszerint a talajban élő izeltlábúak a mikorrhiza gombákat elkerülik, és inkább a szaprofita gombákat fogyasztják.

**Kulcsszavak:** *Hemileius initialis*, táplálékválasztás, szaprofita gomba, mikorrhiza gomba.

### **Bevezetés**

Az endomikorrhiza gombák különösen száraz és tápanyaghiányos környezetben segítik a növények víz és tápanyagellátását, ezen belül is elsősorban a foszfor felvételét (POSTA 1997). Számos tanulmány szerint, ha a talajfauna tagjai károsítják az endomikorrhiza hifák rendszerét, az a növényi tápanyagfelvétel zavaraihoz vezethet (WARNOCK et al. 1982, MCGONIGLE 1995). Tekintettel az említett igen fontos szerepre KLIRONOMOS & KENDRICK (1996) hipotézise szerint a mikorrhiza gombák védekező mechanizmusokat alakítottak ki az evolúció során a talajban élő ugróvillások és atkák ellen. Ezért a táplálkozásakor az ugróvillások és az atkák a mikorrhiza gombákat elkerülik és a szaprofita gombákat fogyasztják.

Az előzőek alapján ebben a vizsgálatban azt a kérdést teszteltük, hogy a *Hemileius initialis* (Berlese 1908) páncélos atkafaj a *Glomus macrocarpum* endomikorrhiza gombafaj csírázó spóráit választja-e a hasonló fejlődési állapotban levő, szaprofita gombafajokkal szemben?

---

\* Előadták a szerzők az Állattani Szakosztály 893. ülésén (1999. május 5.).

## Módszerek

A gombafajokat és az atkafaj példányaikat a „Lake Tahoe”-t (California, USA) övező dombok tő felé eső keleti lejtőjéről gyűjtöttük.

A spórákat a talajból szűréssel és centrifugálással különítettük el. Először 100 g talaj-mintát 200 ml vízbe helyeztünk és 5 másodpercig kevertünk. A keverést háromszor ismételtük. Ezután a mintákat extraktorba helyeztük, melyben a víz alulról felfelé áramlik. Közepes nyomású vízszugár és folyamatos keverés mellett a felúszó könnyű talajrészecskéket tartalmazó vizet 250, 125 és 75 mikrométer lyukméretű szitasorozaton átszűrtük. A szitákban összegyűlt szüredéket centrifuga csövekbe helyeztük és 50 %-os cukoroldattal összekevertük. A mintákat 5 percig 2000/perc fordulatszámon centrifugáltuk. A felülúszót dekantáltuk, majd 45 mikrométeres szűrőn többször átmostuk.

A spórákat binokuláris mikroszkóp alatt válogattuk. A kísérleti terület talajában legnagyobb mennyiségben előforduló három szaprofita gombafaj, az *Alternaria alternaria*, a *Cladosporium herbarum*, a *Rhizoctonia solani*, valamint egy mikorrhiza gombafaj, a *Glomus macrocarpum* spóráit különítettük el (V. CLAASSEN határozta meg a spórákat).

A szaprofita gombák spóráit 2 %-os agaron csíráztattuk. A mikorrhiza gomba spórákat BRUNDRETT & JUNIPER (1995) eljárása szerint 1x1 centiméteres szűrőpapírra, majd nedves, Petri-csészékben levő sterilizált homokra helyeztük. Minden szűrőpapírra 20–20 spórát tettünk. A gombákat szobahőmérsékleten, sötétben 30 napig csíráztattuk.

A *H. initialis* atka adult egyedeit Berlese-Tullgren típusú (MACFADYEN 1953) futtatóval nyertük ki, 6–10 kg talajból. A talajt 100 W-os égővel világítottuk meg. A futtatás öt napig tartott. A száraz edényekbe kifutott állatokat naponta összegyűjtöttük, majd olyan műanyag edényekben tároltuk, melyeknek aljára nedves gipsz réteget helyeztünk.

A kísérleteket 14 cm átmérőjű 10 cm magas műanyag edényekben végeztük. Az edények alján 0,5 cm vastag nedves gipsz réteg volt található. Az edény mértani középpontjától számítva jobbra és balra 3–3 cm távolságra, egy vonalban elhelyezkedő két mélyedést készítettünk, melyekbe a csírázott spórákat tartalmazó szűrőpapírok kerültek. A tesztben felhasznált gombák így mindig a gipsz felszínével egy magasságban helyezkedtek el. Az 1x1 cm területű szűrőpapírok felszínét vékony rétegben borították a csírázott spórák.

A kísérlet megkezdése előtt az állatok 48 órán keresztül éheztek. Ezután a kísérleti edények közepére 10–10 egyedeket helyeztünk. Kihelyezés után 3., 7., 12. és 18. órával összeszámláltuk a szűrőpapíron és az alatt található egyedeket. A gombákat párosával, minden lehetséges kombinációban felkínáltuk az állatoknak. Minden tesztípust három ismétlésben végeztünk.

A legtöbb táplálékválogatási teszt alkalmazásakor, így a jelen esetben sem teljesül a kezelések függetlenségének feltétele, ezért a legtöbb statisztikai eljárás nem alkalmas az ilyen típusú kísérletek eredményeinek kiértékelésére (SZENTESI & JERMY 1999). Az 50:50 %-os aránytól való eltérést ezért, az ismétlések összeadott adatai alapján, a McNemar-féle  $\chi^2$  próbával teszteltük (STATSOFT Inc. 1995), mert ez az eljárás nem tételezi fel a kezelések függetlenségét.

## Eredmények

A *H. initialis* atkafaj egyedei a páros táplálékválasztási teszt során a *C. macrocarpum* és *R. solani* között nem tettek különbséget (1. táblázat). A megfigyelés teljes ideje alatt szignifikánsan több állatot találtunk a *G. macrocarpum* gombafajon, mint az *A. alternaria* fajon, amikor ezek között a fajok között választhattak az állatok.

Amikor az *A. alternaria* és a *R. solani* fajokat kínáltuk táplálékkul, akkor az előbbi szignifikánsan több állat választotta a kísérlet teljes ideje alatt (1. táblázat).

Más esetekben időbeli változásokat tapasztaltunk a választásokban. A *G. macrocarpum* és *C. herbarum*, valamint a *R. solani* és *C. herbarum* párosítás esetében 3 óra eltelte után, az *A. alternaria* és a *C. herbarum* párosítás esetében csak 7 óra eltelte után jelentkezett szignifikáns különbség a táplálékválasztásban (1. táblázat).

Amennyiben az állatok választottak a gombafajok közül, a választás iránya, tehát a preferált gombafaj egyetlen esetben sem változott meg, az állatok nem tértek át egy idő után a másik faj fogyasztására.

**1. táblázat.** A *Hemileius initialis* táplálékválasztása a felkínált gombapárok esetében. Az első oszlop adatai a megfigyelés időpontját jelentik az állatok kihelyezésétől kezdve. A gombafajokat kezdőbetűik rövidítéseivel tüntetjük fel, dőlt vonallal elválasztva az összehasonlított fajokat. Az oszlopokban feltüntetett p-értékek az állatok táplálkozásának szignifikancia szintjét jelölik az összehasonlított gombafajokon, az eltérő vizsgálati időpontokban. (A.c.: *Alternaria alternaria*, C.h.: *Cladosporium herbarum*, G.m.: *Glomus macrocarpum*, R.s.: *Rhizoctonia solani*).

**Table 1.** Food preference test with *Hemileius initialis*, offering fungus species in pairs as food resource. The first column indicates the time of the observation, expressed in number of hours elapsed after placement of the animals. Fungus species are shown using their initials. The compared species pairs are indicated in the first row. P-values shown in the columns indicate the level of significance regardless of the different observation times. (Explanation:

\*<sup>1</sup> fungus pairs, \*<sup>2</sup> hours elapsed, A.c.: *Alternaria alternaria*, C.h.: *Cladosporium herbarum*, G.m.: *Glomus macrocarpum*, R.s.: *Rhizoctonia solani*.

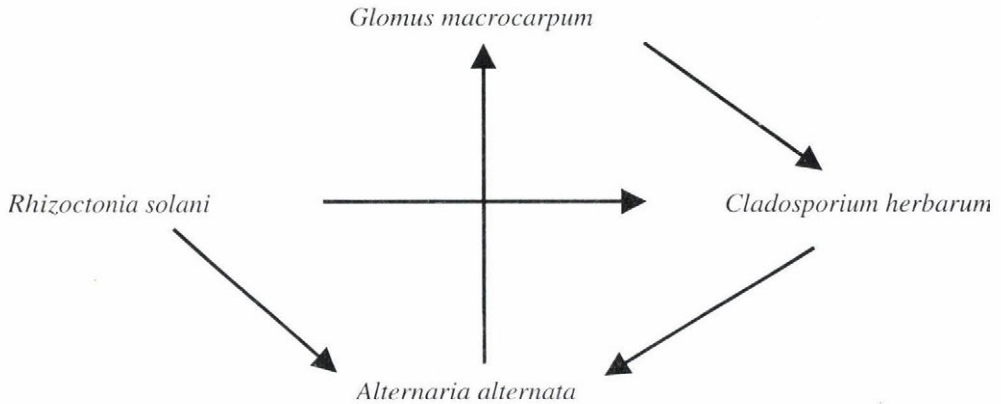
Gomba párok* <sup>1</sup>	G.m./R.s.	G.m./A.a.	A.a./R.s.	G.m./C.h.	R.s./C.h.	A.a./C.h.
Idő* <sup>2</sup>						
3. óra	n.s.	<0,001	<0,001	n.s.	n.s.	n.s.
7. óra	n.s.	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	n.s.
12. óra	n.s.	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001
18. óra	n.s.	<0,001	<0,05	<0,001	<0,001	<0,05

„n.s.”- nem szignifikánskülönbség / not-significant difference

”<0.001, <0.01, <0.05” – p-érték / p-value

A preferencia sorrend bonyolult képet mutat (1. ábra). A legkevésbé kedvelt gomba kétségtelenül a *R. solani*, mert az atkák egyetlen párosításban sem választották jobban, mint a felkínált másik táplálékot. A többi három gombafaj között aszerint preferáltak az állatok,

hogy milyen párosításban kínáltuk fel a gombafajokat. Az *A. alternaria* fajt előnyben részesítették a *C. herbarum* fajhoz, a *G. macrocarpum* fajt az *A. alternaria* fajhoz és a *C. herbarum* fajt a *G. macrocarpum* fajhoz viszonyítva.



**1. ábra.** A gombafajok közötti páros választások eredményei. Mindegyik esetben csak két gombafajt kínáltunk az állatoknak. A nyíl feje az előnyben részesített faj neve felé mutat. A nyíl hiánya a preferencia hiányát jelenti.

**Figure 1.** The results of the paired choice tests among the fungus species. In every case we offered only two fungus-species to the animals. The heads of the arrows point towards the preferred species. The absence of arrow indicates no preference.

## Értékelés

A *H. initialis* táplálékösszetételére vagy táplálékválogatására vonatkozó irodalmi adatokat nem találtunk. ARLIAN & WOOLLEY (1970) a *Liacarus cidarus* (Oribatida) adult egyedeinek táplálékválasztására vonatkozóan közöl olyan adatokat, ahol a táplálékban az általunk felkínált gombák is szerepelnek. A zuzmót, élesztőt, fenyőtoboz pikkelyét, fenyőtűt, *Aspergillus*, *Cladosporium* és *Trichoderma* gombafajokat tartalmazó kínálatból egyedül a *Cladosporium* gombákat fogyasztották az atkák nagy mennyiségben.

KLIRONOMOS & KENDRICK (1996) laboratóriumi eredményei alapján a *Lasiobelba rigida*, *Ceratozetes gracilis* és *Nothrus anaunensis* atkafajok preferálták az *A. alternaria* és a *Trichoderma harzianum* szaprofita gombafajokat a *G. macrocarpum* mikorrhiza gombával szemben. Jelen kísérletben a *H. initialis* éppen a *G. macrocarpum* fajt választotta, amikor az *A. alternaria* volt a másik választható táplálék. A jelen kísérlet eredményei alapján tehát nem lehet azt állítani, hogy a *H. initialis* páncélosatka preferálja a szaprofita gombafajokat a *G. macrocarpum* endomikorrhiza gombafajhoz képest. Lehetséges magyarázat az, hogy az atkafajok táplálkozás módja közötti különbségek nagyok. Gyakran még a közeli rokon talajlakó atkafajok tápláléka is jelentősen eltér egymástól (COLEMAN & CROSSLEY 1996).

A kísérleti elrendezésből és annak lebonyolításából következően az állatok elhelyezkedésének okairól a kísérleti arénában nem lehet semmit sem mondani. Csak feltételezhető, hogy azért találtunk több atkát egy adott gombafajon, mert azok ott táplálkoztak. Számos esetben ezt a tényt mikroszkóp alatt megfigyeltük. Ennek ellenére más, nem ismert oka is lehetett annak, hogy az állatok a megfigyelés idejében az adott gombafajon tartózkodtak. Három párosítás esetében is azt tapasztaltuk, hogy választás csupán egy adott időtartam eltelte után jelentkezett. Ezért azt a hipotézist állítjuk fel, hogy az éhes *H. initialis* atkák kevésbé válogatnak, mint a nem éhesek. Feltételezésünk szerint ezekben az esetekben az arénába helyezett állatok kezdetben véletlenszerűen fordultak az egyik vagy másik táplálék felé és csupán egy bizonyos mennyiségű táplálék elfogyasztása után kezdtek válogatni. A kísérletek eredményeiből arra lehet következtetni, hogy egy adott gombafajt a kísérleti arénában jelen lévő másik gombafajtól függően preferál a *H. initialis* páncélosatka, ami gyakori jelenség a választási kísérletekben (SZENTESI & JERMY 1999).

**Köszönetnyilvánítás.** Köszönetünket fejezzük ki MAHUNKA SÁNDOR akadémikusnak a kísérletben vizsgált atkafaj determinálásáért. A kutatást az OTKA a T 022777 számú pályázattal támogatta. K. EKSCHMITT (Institute für Zoologie, J. Liebig Universität, Giessen, Deutschland) tette lehetővé számunkra a STATISTICA programcsomag használatát.

## Irodalom

- ARLIAN L. G. & WOOLLEY T. A. (1970): Observations on the biology of *Liacarus cidarus* (Acari: Cryptostigmata, Liacaridae). – *Journal of Kansas Entomological Society* 43: 297–301.
- BRUNDRETT M. & JUNIPER S. (1995): Non-destructive assessment of spore germination of VAM fungi and production of pot cultures from single spores. – *Soil Biology and Biochemistry* 27: 85–91.
- COLEMAN D. C. & CROSSLEY Jr. D. A. (1996): *Fundamentals of Soil Ecology*. – Academic Press Inc., San Diego.
- KLIRONOMOS J. N. & KENDRICK W. B. (1996): Palatability of microfungi to soil arthropods in relation to the functioning of arbuscular mycorrhizae. – *Biology and Fertility of Soils* 21: 43–52.
- MACFADYEN A. (1953): Notes on methods for the extraction of small soil arthropods. – *Journal of Animal Ecology* 22: 65–77.
- MCGONIGLE T. P. (1995): The significance of grazing on fungi in nutrient cycling. – *Canadian Journal of Botany* 73(Suppl. 1.): 1370–1376.
- POSTA K. (1997): Az endomikorhiza szerepe a környezeti stresszhatások kivédésében. – *Agrokémia és Talajtan* 46: 359–370.
- STATSOFT Inc. (1995): *STATISTICA for Windows (Program manual)*, Tulsa.
- SZENTESI Á. & JERMY T. (1999): A preferencia értékelésének problémái. – *Állattani Közlemények* 84: 3–19.
- WARNOCK A. J., FITTER A. H. & USHER M. B. (1982): The influence of a springtail *Folsomia candida* (Insecta, Collembola) on the mycorrhizal association of leek *Allium porum* and the vesicular-arbuscular mycorrhizal endophyte *Glomus fasciculatus*. – *New Phytologist* 90: 285–292.

Feeding preferences of the oribatid mite *Hemileius initialis*  
(Acari: Oribatida) on saprophytic and mycorrhizal fungi

MÁRK SÁRVÁRI, GÁBOR BAKONYI & VIC P. CLAASSEN

Laboratory food preference tests were carried out on the oribatid mite *Hemileius initialis*. Three saprophytic (*Alternaria alternaria*, *Cladosporium herbarum*, *Rhizoctonia solani*) and one endomycorrhiza (*Glomus macrocarpum*) fungus species were offered as food source. Paired food choice tests were performed. The preference changed in some cases during the 18-hour observation period. *R. solani* was never preferred. No preference order was observed regarding the three other fungus species. Results of this experiment do not support the hypothesis that soil arthropods prefer saprophytic to mycorrhizal fungi.



## A fluktuáló aszimmetria vizsgálata két magyarországi kockás sikló (*Natrix tessellata*) populációban\*

SZABÓ KRISZTIÁN<sup>1</sup>, LIKER ANDRÁS<sup>2</sup> és KORSÓS ZOLTÁN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék,

H-4010 Debrecen, Pf. 3. Email: szabok@dragon.klte.hu

<sup>2</sup> Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar, Ökológiai Tanszék, H-1400 Budapest, Pf. 2.

<sup>3</sup> Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, H-1088 Budapest, Baross u. 13.

**Összefoglalás.** Két magyarországi kockás sikló populációt hasonlítottunk össze a populációstruktúra és a fluktuáló aszimmetria tekintetében. A nagyobb és stabilnak tekinthető balatoni populáció kiegyenlített koreloszlást mutat, míg a mádi halastóban élő, feltételezhetően nemrégiben alapított, valószínűleg még kialakulatlan kis populációban sok juvenilis egyed mellett csak kevés kifejlett állat található. A fejen található négy vizsgált pajzstípus (praeocularia, postocularia, supralabialia, sublabialia) fluktuáló aszimmetriáját hasonlítottuk össze a két populáció között két különböző index alapján. A statisztikailag szignifikáns eredmények azt mutatják, hogy Mádon a legtöbb pajzs esetében az aszimmetria mértéke nagyobb, mint a balatoni populációban. E jelenség mögött a következő lehetséges okok állhatnak: (1) valamilyen környezeti stresszhatás (kémiai vagy mikrobiológiai szennyezettség, stb.) vagy (2) a heterozigotáság fokának csökkenése beltenyésztés vagy „bottleneck”-hatás következtében. A jelenség pontos genetikai hátterének kiderítése csak valamilyen molekuláris technika alkalmazásával lenne lehetséges, és a környezeti tényezők felderítése is további vizsgálatokat igényel. A vizsgálat megmutatta, hogy egy kígyófaj kisebb populációjában az aszimmetria nagyobb mértékű, mint ugyanazon faj nagyobb népességében. Ezenkívül rámutattunk a pikkelyszám-különbségen alapuló fluktuáló aszimmetria-mérés populáció-összehasonlításban való alkalmazhatóságára. A kockás sikló Magyarországon nem veszélyeztetett, ennek ellenére – vagy éppen ezért – ideális modellefajként szolgálhat a populációkra ható stresszfaktorok terepi vizsgálataiban. A fejlődési stabilitás vizsgálata – a fluktuáló aszimmetria mérésével – sikeresen alkalmazható lehet más herpetológiai tanulmányokban is, mert a veszélyeztetett hüllőfaj populációk állapotának becslésére egy könnyen alkalmazható biomonitorozó módszert ad a kezünkbe.

**Kulcsszavak:** fluktuáló aszimmetria, fejlődési stabilitás, kockás sikló, populáció-összehasonlítás.

### Bevezetés

A fluktuáló aszimmetria – az egyébként bilaterálisan szimmetrikus morfológiai tulajdonságokban a test jobb- és baloldala között mérhető, nem feltűnő, sokszor igen apró különbség – mérésre elég megbízható módszernek tűnik a természetes populációk fejlődési stabilitásának közvetett becslésére (LUDWIG 1932, VAN VALEN 1962, PALMER & STROBECK 1986, ZAKHAROV 1992, CLARKE 1995). A fejlődési stabilitás az egyed azon képessége, hogy adott feltételek mellett a környezeti és genetikai zavaró hatásoknak ellenáll (WADDINGTON 1942, LERNER 1954).

\* Előadták a szerzők az Állattani Szakosztály 894. ülésén (1999. június 2.).

Ezen diszturbanciákat számos vizsgálatban kutatták, többek között a habitat-degradáció, a különböző stresszorok, a hibridizáció és a beltenyésztés hatásait vizsgálva (BADER 1965, ZAKHAROV 1981, BENGTSSON et al. 1985, GRAHAM & FELLE 1985, LEARY et al. 1985, PARSONS 1990, ZAKHAROV & YABLOKOV 1990, SARRE & DEARN 1991, GRAHAM 1992, LEARY et al. 1992, STRONG & JAMES 1992, MØLLER 1995, LEUNG & FORBES 1996, TSUBAKI 1997, ROLDAN et al. 1998). A fejlődési stabilitás – és így a fluktuáló aszimmetria – változása ezen kívül egy adott populáció fitnessének vagy a heterozigótaság fokának csökkenését is jelezheti (MØLLER 1990, THORNHILL & SAUER 1992). Számos fajnál a kisebb populációk nagyobb aszimmetriát mutatnak, mint ugyanazon faj egyedeinek nagyobb állományai (SOULÉ 1979, PICTON et al. 1990, HUTCHINSON & CHEVERUD 1995).

Habár nehéz pontosan meghatározni, hogy adott esetben az említett tényezők közül melyek okozzák a fejlődési stabilitás csökkenését, a konzervációbiológiában a fluktuáló aszimmetria mérését – többek között – hasznos módszernek tartják a populációk veszélyeztetettségi mértékének becslésében (LEARY & ALLENDORF 1989).

A fluktuáló aszimmetria jelenségét néhány hüllőfaj esetében is vizsgálták. Ezen vizsgálatok eredményei bizonyos természetes hüllőpopulációk esetében a környezeti stresszorok, valamint az izoláció és a beltenyésztettség hatásaira mutattak rá (SARRE 1986, SARRE & DEARN 1991). Idáig azonban a jelenséget kígyófajokon nem tanulmányozták.

Jelen vizsgálatunkban két – méretben, struktúrában és történetben lényegesen különböző – kockás sikló (*Natrix tessellata*) populáció fluktuáló aszimmetriájának összehasonlítását mutatjuk be. Azt teszteltük, vajon a kisebb és később alapított populáció egyedei – melyeknél feltételezhetően kisebb a heterozigótaság és nagyobb a beltenyésztettség foka – nagyobb mértékű aszimmetriát mutatnak-e.

## Módszerek

Két élőhelyen vizsgáltuk a kockás siklókat. Az egyik terület a Tihanyi-félsziget keleti partjának körülbelül fél kilométer hosszú szakasza volt, az összesen körülbelül 600 km<sup>2</sup> területű és átlagosan 3 m mély Balaton egyik kiválasztott része (46°55' N, 18°53' E). A másik élőhely egy – az 1970-es években mesterségesen létesített – halastó volt, mely Északkelet-Magyarországon, a Zempléni-hegységben, Mád község mellett található (48°11' N, 21°18' E). Vízfelülete 0,0054 km<sup>2</sup>, átlagos mélysége 2 m. A két vizsgálati hely egymástól való távolsága 350 kilométer.

A terepi mintavétel 1998 augusztusában és szeptemberében zajlott, Tihanyban 13, Mádon 8 alkalommal, összesen 21 napon. Az állatok befogása – a hüllőknél általában hiányzó megbízható és sikeres csapdázási technika hiányában – mindkét helyen kézzel történt. Ezután a testhosszúság és pikkelyadatok felvétele, majd a haspajzs-mintázat lerajzolása következett. Az egyedenként eltérő hasi mintázat alapján a visszafogott példány a rajz alapján azonosítható volt, és nem volt szükség egyéb jelölésre. A vizsgálatok idejére az állatok egy üvegaljú dobozba kerültek, melyben a morfológiai jegyek nehézség nélkül tanulmányozhatók voltak. Végül az ivar azonosítása történt meg hemipénisz-szonda segítségével. Az állatok korát testhosszadataik alapján becsültük. (A kígyók egész életükben növekednek, ezért a hosszúságukból következtetni lehet a korukra. A becslés pontossága csökken az életkor előrehaladásaival.)

ladtával, de a fiatalabb állatoknál a korosztályok jól elkülöníthetők. LENZ & GRUSCHWITZ 1993). A befogott állatokat a terepi vizsgálat után a fogás helyén szabadon engedték.

A populációméret becslésére a Petersen-Lincoln index többszörös jelölés-visszafogásra alkalmazott formuláját használtuk:

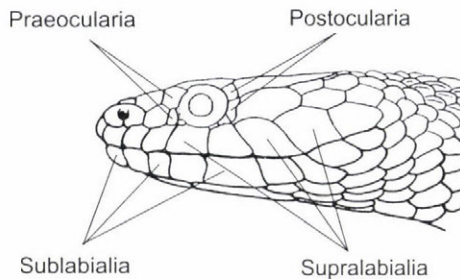
$$N = M_i (n_i + 1) / m_i + 1$$

ahol  $N$  a becsült populációméret,  $M_i$  az összes megjelölt állat,  $n_i$  az adott napon fogott állatok,  $m_i$  pedig az adott napi mintában lévő visszafogott állatok számát jelöli (BAILEY 1952).

A becslés szórásának kiszámítása a következő:

$$s(N) = N \sqrt{1 / (m_i + 1) + 2 / (m_i + 1)^2 + 6 / (m_i + 1)^3}$$

Az egyedek fluktuáló aszimmetriájának méréséhez négy feji pikkely jobb- és baloldali számértékeinek adatait vettük fel. Ez a négy pikkelytípus a praeocularia (PrO), a post-ocularia (PoO), a supralabialia (SpL) és a sublabialia (SbL) (1. ábra).



**1. ábra.** A kockás sikló vizsgált fejpikkelyei. DELY (1978) után, módosítva.  
**Figure 1.** Examined head scale types on the dice snake. Modified after DELY (1978).

Két indexet használtunk az aszimmetria becslésére: A durvább index (DI) azt mérte, hogy a négy vizsgált pikkelytípus közül hány párban volt a pikkelyek száma a jobb- és baloldalon különböző, és így minden egyes állat kapott egy index-értéket 0 (egyik pikkelytípus sem aszimmetrikus) és 4 (minden pikkelypárban van eltérés) között.

A finomabb aszimmetria-indexet (FI) a következő képlet alapján számoltuk ki minden egyes pikkelytípusra:

$$FI = |J - B| / N$$

ahol  $J$  a jobboldali,  $B$  a baloldali pikkelyszám, és  $N$  a mintanagyság.

Ezen kívül a négy pikkelytípus összegének (PrO+PoO+SpL+SbL) kétoldali különbségét is ilyen finom aszimmetria-indexnek vettük, ugyanezzel a formulával számolva.

A kismértékű aszimmetriák más formáit – így az anti-szimmetria vagy az irányított aszimmetria lehetőségét – kizárandó, a jobb- és baloldali értékek különbségeinek eloszlását minden pajzstípusnál összehasonlítottuk ezen aszimmetriák jellemző eloszlás-görbéivel (SARRE & DEARN 1991). Ezen aszimmetriák egyike sem áll összefüggésben a fejlődési stabilitással, de már szerepeltek más herpetológiai kutatásokban (PALMER 1996, WERNER et al. 1991).

Esetünkben egyik pikkelytípusnál sem találtunk irányított aszimmetriára vagy anti-szimmetriára utaló eloszlást.

Az analízisekhez  $\chi^2$ -négyzet-próbát és Mann-Whitney U-tesztet használtunk, az összefüggéseket nemparaméteres Spearman-rangkorrelációval teszteltük. A statisztikai számolásokat az SPSS 7.5 for Windows programmal végeztük.

## Eredmények

Összesen 115 állatot fogtunk be, 81-et Tihanyban és 34-et Mádon. Néhány példány adatait az esetleges sérülések és az idő előtti szökések miatt nem vagy csak hiányosan sikerült rögzíteni. Így a jelen vizsgálathoz 109 kockás sikló pikkelyadatait tudtuk felhasználni. A tihanyi élőhelyen csak 3 példányt sikerült visszafogni, így a populációnagyságra vonatkozó megbízható becslési módszer nem volt alkalmazható. Mádon 34 kígyót gyűjtöttünk és összesen 10 visszafogás történt. A mádi populáció becsült mérete  $89,9 \pm 30,1$  egyed. Az alacsony számú újrafogás miatt nagy a becslés bizonytalansága, ez a nagy szórásban is megmutatkozik.

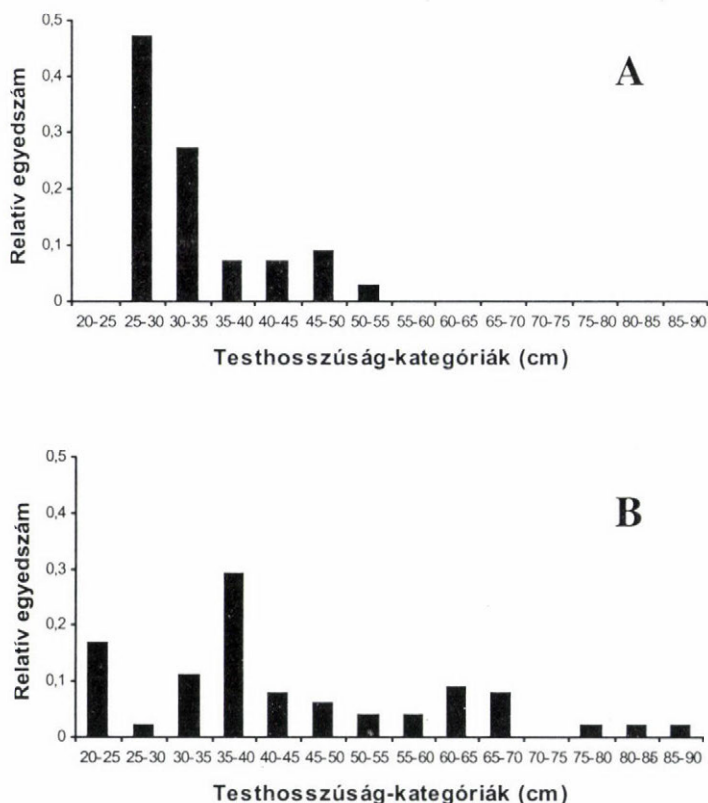
A vizsgált populációk testhosszúság-adatainak eloszlásai jelentős különbségeket mutatnak. A mádi populációban a leghosszabb befogott állat is csak 51 cm-es nagyságot ért el ( $N=32$ , átlag  $=32,4 \pm 7,4$  cm), és a testhosszúság-eloszlási görbe erősen a fiatal állatok irányába tolódott el (2.a ábra). Ezzel szemben a tihanyi állományban az eloszlás kiegyenlítettebb, a nagy számú kisebb egyed mellett viszonylag magas arányban találhatók hosszabb állatok is. A legkisebb példány 21,3 cm, a legnagyobb pedig egy 88 cm-es nőstény volt ( $N=74$ , átlag  $=45,4 \pm 17$  cm, 2.b ábra). A testhosszadatok alapján történő korbecslés szerint a Mádon talált legidősebb példány csak 3 éves, és az egy-két éves állatok mellett nagy a frissen kikelt fiatalok aránya. A Tihanyban befogott legidősebb állat kora 8-9 évre becsülhető. A nemek aránya a Tihanyi populációban szintén kiegyenlítettebb, az 57 szexált állatból 26 volt hím (45,6%) és 31 nőstény (54,4%), míg a 34 mádi egyedek 64,7%-a hím és csak 35,3%-a nőstény.

A vizsgált négy pikkelytípus számbeli értékében nem volt szignifikáns különbség a populációk között (Mann-Whitney U-teszt,  $U=1012,5-1246,5$ ;  $P=0,107-0,959$ ; 1. táblázat). A két populáció szignifikánsan különbözött viszont egymástól a durvább aszimmetria-index (DI) szerint mért aszimmetriában ( $\chi^2$ -próba,  $\chi^2=9,717$ ;  $Df=4$ ;  $P=0,045$ ). A mádi populációban kisebb arányban találtunk teljesen szimmetrikus állatokat (egy pikkelypár sem aszimmetrikus,  $DI=0$ ), és nagyobb arányban a több pikkelytípusban aszimmetriát mutató állatokat ( $DI>1$ , 3.a és 3.b ábra).

A finomabb aszimmetria-index (FI) eredményei a következők: A pikkelyek közül a praeocularia és a postocularia nem mutattak szignifikáns különbséget a fluktuáló aszimmetriában a két vizsgálati hely között, bár tendencia itt is mutatkozott a mádi állatok nagyobb aszimmetriájára. Viszont a másik két vizsgált pikkelytípus, a supralabialia és a sublabialia átlagos aszimmetriája a mádi kígyók esetében nagyobb volt (1. táblázat). A mádi populáció a négy pikkelytípus összegének (PrO+PoO+SpL+SbL) kétoldali különbségét tekintve is nagyobb aszimmetria-értékeket mutatott (1. táblázat). Ezen összeg és a finomabb aszimmetria-index között negatív korrelációt találtunk (Spearman-korreláció,  $r_s=-0,212$ ;  $P=$

0,027). Mivel a négy pikkelytípus összege a tihanyi állatoknál szignifikánsan nagyobb volt ( $U = 754,0$ ;  $P = 0,00$ ), e torzító hatás kiküszöbölése végett a korrelációból adódó reziduálisokkal számoltunk.

A négy pikkely összegének jobb- és baloldali szimmetriájának különbsége így is szignifikánsan nagyobbak mutatkoztak a mádi populációban ( $U = 889,0$ ;  $P = 0,016$ ).



**2. ábra.** Testhosszúság-adatok eloszlása a mádi (A) és a tihanyi (B) populációban.

**Figure 2.** Body length distribution in the population of Mád (A) and Tihany (B).

A testhosszúság- és az aszimmetriaindex-értékek között egyik pikkelytípusnál sem találtunk összefüggést ( $r_s = -0,191$ - $0,183$ ;  $P = 0,059$ - $0,182$ ), és a nemek között sem volt különbség a fluktuáló aszimmetriában ( $U = 836,0$ - $981,0$ ;  $P = 0,067$ - $0,718$ ).

Az aszimmetriában megfigyelt különbség a tihanyi és mádi populáció között tehát nem vezethető vissza a két hely közötti eltérő ivarányra és a különböző testhosszúság-eloszlásra.

**1. táblázat.** A pikkelyek számának átlaga és a finom aszimmetria-index (FI) értékei a két populációban.  $\Sigma(J+B)/N$  (szórás): a jobb- és baloldali pikkelyek átlagos összege és szórása,  $\Sigma|J-B|/N$ : a jobb- és baloldali pikkelyek átlagos számbeli különbsége (FI). N: adott populációból származó mintanagyság. Szignifikáns különbséget az aszimmetria-indexben (Mann-Whitney U-próbával tesztelve minden pikkelytípusra és a pikkelytípusok összegére  $P = 0,05$  szignifikanciaszinten) a supralabialia, sublabialia pikkelyek esetében és a négy pajzstípus összegénél találtunk.

**Table 1.** Occurrence of asymmetry in four scale types in the two populations, Mád and Tihany, measured by the fine index.  $\Sigma(J+B)/N$  (SD): mean number of scales on left and right sides with standard deviation,  $\Sigma|J-B|/N$ : mean difference of scales between left and right sides, N: sample size. Significant differences (tested with Mann-Whitney U-test for each scale type and for the sum of the types) were found in the supralabialia, sublabialia and in the total ( $P = 0,05$ ).

	Pikkelytípus				
	Praeocularia	Postocularia	Supralabialia	Sublabialia	Összes
Tihany					
$\Sigma(J+B)/N$	4,98±0,97	7,57±0,73	15,82±0,5	19,11±1,23	47,51 ±2,21
$\Sigma J-B /N$	0,224	0,211	0,184	0,303	0,921
Mád					
$\Sigma(J+B)/N$	5,09 ±0,87	7,45 ±0,83	15,24 ±0,9	19,0 ±1,14	46,78±2,26
$\Sigma J-B /N$	0,242	0,242	0,393	0,636	1,515
Mann-Whitney U-teszt					
U	1230,5	1201,5	991,0	856,0	856,0
P	0,831	0,625	0,020	0,002	0,006

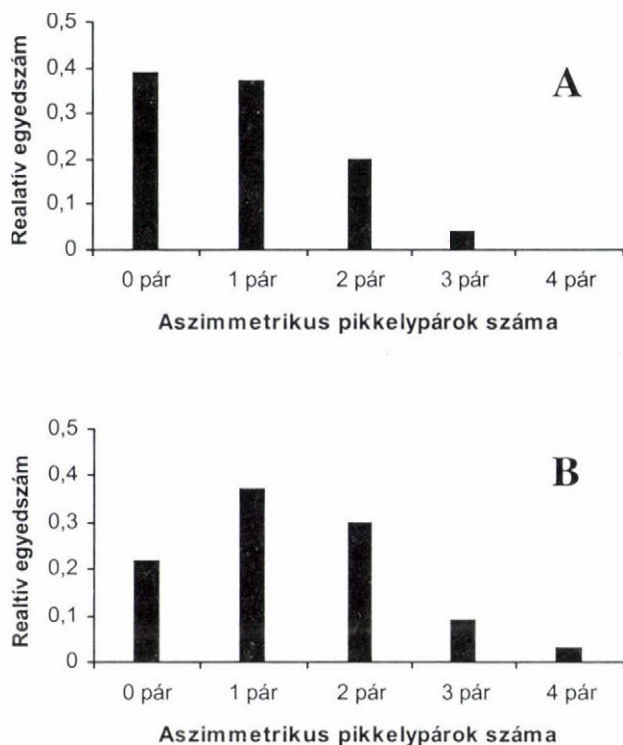
## Értékelés

Eredményeink azt mutatják, hogy jelentős eltérés van a vizsgált két populáció struktúrájában és valószínűsíthető, hogy a méretük is jelentősen különbözik. Emellett a fluktuáló aszimmetria mértékében is szignifikáns különbség mutatkozott a két vizsgált élőhely között. A feltételezhetően kisebb egyedszámú mádi populáció állatai magasabb aszimmetria-értékeket mutattak bizonyos pikkelytípusok – supralabialia és sublabialia száma, valamint a négy vizsgált pikkelytípus összege – esetében, mint a tihanyi mintából származó állatok.

A Magyar Természettudományi Múzeum 1954-től napjainkig számos kockás sikló-fogási adattal rendelkezik mind a tónak erről a területéről, mind a közelebbi és távolabbi részeiről. Ezek az adatok – összevetve saját tapasztalatainkkal – azt sugallják, hogy a tihanyi kigyók egy nagy területen élő, összefüggő és régóta létező populációhoz tartoznak. Fogási adataink azt mutatják, hogy Tihanyban a populáció koreloszlása kiegyenlített, a fiatalabbak mellett szép számú idős egyed is található, és a kelési időszak után nagy arányban találhatók a frissen kikelt állatok. Így valószínűsíthető, hogy ez nagy, stabil, egyenletes korstruktúrájú és megfelelő utánpótlással rendelkező populáció.

Ezzel szemben a mádi populáció mérete valószínűleg kisebb, a befogási adatok alapján hozzávetőlegesen 60–120 egyed. Itt a korbecslés alapján számított legidősebb példány 3 éves, és a testhosszeloszlási görbe erősen a fiatal állatok irányába tolódott el, ehhez jön még

az adott évben kelt állatok magas aránya. Ezen adatok, valamint az élőhely kialakulásának dátuma ismeretében valószínűsíthető, hogy ez egy fiatal populáció, amely csak néhány éve vagy évtizede jött létre, és dinamikus növekedést mutat.



**3. ábra.** A durvább aszimmetria-index (DI) értékei Mádon (A) ( $N=33$ , átlag =  $1,36 \pm 0,23$ ) és Tihanyban (B) ( $N=76$ , átlag =  $0,88 \pm 0,19$ ). DI = 1, 2, 3 vagy 4.

**Figure 3.** Relative frequency distribution of individuals showing asymmetry in 0, 1, 2, 3 or 4 scale types at Mád (A), ( $N=33$ , Mean =  $1.36 \pm 0.23$ ) and Tihany (B) ( $N=76$ , Mean =  $0.88 \pm 0.19$ ).

A kockás sikló a Zempléni-hegység számos pontján – így több közeli vízterületen is – megtalálható (MME és a szerzők saját adatai), ezért valószínűsíthető, hogy az időszakos vagy állandó vízfolyások mentén, természetes bevándorlás útján érkeztek az alapító példányok.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a két élőhely között szignifikáns különbségek vannak a vizsgált tulajdonságok aszimmetriájában. A kisebb, ökológiailag valószínűleg még nem stabil mádi populáció egyedeinél nagyobb a fluktuáló aszimmetria átlagos értéke, mint a nagyobb, kiegyensúlyozottabbnak tekinthető tihanyi populációban. E jelen-



ség hátterében a következő okok állhatnak: (1) valamilyen környezeti stresszhatás (kémiai vagy mikrobiológiai szennyezés, táplálékhiány, stb.), (2) a heterozigótágag alacsony foka a beltenyésztés vagy „bottleneck”-hatás következtében. A megfigyelt különbségek valószínűleg nem vezethetők vissza az emberi zavaró tényezőkre, mert az a területek hasonló hasznosításából (horgász-, fürdő- és kirándulóhely) adódóan mindkét helyen hasonló fokú.

A kisebb mádi populációban a heterozigócia feltételezhetően kisebb, de ennek pontosabb méréséhez és bizonyításához további vizsgálatok szükségesek. Az esetleges rejtett környezeti stresszorok felderítése is további kutatást igényel, valamint az is, hogy van-e génáramlás a közeli siklópopulációk felől, melynek ismeretében következtetni lehet az esetleges izoláltságra és beltenyésztettségre.

Vizsgálataink tehát bizonyították, hogy egy hullőfaj kisebb és kevésbé stabilnak tekinthető populációja magasabb aszimmetria-értékekkel rendelkezik, mint ugyanazon faj nagyobb populációja.

A fluktuáló aszimmetriával foglalkozó tanulmányokban az aszimmetria nagyságát általában a vizsgált tulajdonság jobb- és baloldali értékei közti méretkülönbségekkel jellemzik (PALMER & STROBECK 1986). Ezek a vizsgálatok – lévén a különbségek csekélyek – igen pontos méréseket és nagy körütekintést igényelnek. Ebben a vizsgálatban – bizonyos pikkelyek megszámlálásával – egy más, könnyebben kivitelezhető módszert választottunk. Mivel a kígyók pikkelyeinek száma nem változik az állatok korával, a jobb- és baloldali különbségek is állandóak maradnak. Vizsgálatunk megmutatta, hogy a pikkelyszám-különbségek vizsgálata alkalmazható módszer a kígyók fluktuáló aszimmetriájának mérésében.

A kockás sikló Magyarországon nem ritka és nem is veszélyeztetett hullőfaj (KORSÓS 1997). Talán éppen azért bizonyulhat alkalmas modellfajnak, mert a nagy populációk mellett vannak kis és izolált élőhelyei is, ahol tanulmányozhatók a populációnagyság különbségéből adódó jelenségek és a különböző környezeti stresszhatások. A fejlődési stabilitás vizsgálata – a fluktuáló aszimmetria mérésével – sikeresen használható lehet más herpetológiai tanulmányokban is a veszélyeztetett hullőpopulációk állapotának becslésére, mint egy alkalmas, könnyen kivitelezhető biomonиторozó módszer.

**Köszönetnyilvánítás:** Köszönjük a Magyar Tudományos Akadémia Balatoni Limnológiai Kutatóintézetének és BODNÁR IMRÉNEK, hogy a tihanyi és mádi terepmunkát lehetővé tették. PAPP TIBORNAK (Szent István Egyetem) az ötletekért és észrevételekért, a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesületnek pedig a szolgáltatott előfordulási adatokért jár köszönet.

## Irodalom

- BADER R. S. (1965): Fluctuating asymmetry in the dentition of the house mouse. – *Growth* 29: 291–300.  
 BAILEY N. T. J. (1952): Improvements in the interpretation of recapture data. – *J. Anim. Ecol.* 21: 120–127.  
 BENGTTSSON B. E., BENGTTSSON A. & HIMBERG M. (1985): Fish deformities and pollution in some Swedish water. – *Ambio* 14: 32–35.  
 CLARKE G. M. (1995): Relationships between developmental stability and fitness: application for conservation biology. *Cons. Biol.* 9(1): 18–24.



- DELY GY. O. (1978): Hüllők – Reptilia (In: Magyarország Állatvilága 20/4). – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- GRAHAM J. H. (1992): Genomic coadaptation and developmental stability in hybrid zones. – *Acta Zool. Fenn.* 191: 121–131.
- GRAHAM J. H. & FELLEJ J. D. (1985): Genomic coadaptation and developmental stability with introgressed populations of *Enneacanthus gloriosus* and *E. obesus*. – *Evolution* 39: 72–87.
- HUTCHINSON D. W. & CHEVERUD J. M. (1995): Fluctuating asymmetry in tamarin (*Saguinus*) cranial morphology: intra- and interspecific comparisons between taxa with varying levels of genetic heterozygosity. – *J. Heredity* 86: 280–288.
- KORSÓS Z. (1997): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer VIII. Kételtűek és hüllők. – Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, p. 48.
- LEARY R. L. & ALLENDORF F. W. (1989): Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: implications for conservation biology. – *Trends Ecol. Evolution* 4: 214–217.
- LEARY R. R., ALLENDORF F. W. & KNUDSEN K. L. (1985): Developmental instability as an indicator of reduced genetic variation in hatchery trout. – *Trans. Amer. Fish. Soc.* 114: 230–235.
- LEARY R. F., ALLENDORF F. W. & KNUDSEN K. L. (1992): Genetic, environmental and developmental causes of meristic variation in rainbow trout. – *Acta Zool. Fenn.* 191: 79–95.
- LENZ S. & GRUSCHWITZ M. (1993): Zur Merkmalsdifferenzierung und -variation der *Natrix t. tessellata* in Deutschland. – *Mertensiella* 2: 269–300.
- LERNER I. M. (1954): Genetic homeostasis. – London: Oliver and Boyd.
- LEUNG B. & FORBES M. R. (1996): Fluctuating asymmetry in relation to stress and fitness: effects of trait type as revealed by meta-analysis. – *Ecoscience* 3: 400–413.
- LUDWIG W. (1932): Das rechts-links Problem im Tierreich und beim Menschen. – Berlin: Springer.
- MØLLER A. P. (1990): Fluctuating asymmetry in male sexual ornaments may reliably reveal male quality. – *Anim. Behav.* 40: 1185–1187.
- MØLLER A. P. (1995): Developmental stability and ideal despotic distribution of blackbirds in a patchy environment. – *Oikos* 72 (2): 228–234.
- PALMER, A. R. (1996): Waltzing with asymmetry. – *BioScience* 46: 518–532.
- PALMER A. R. & STROBECK C. (1986): Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. – *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17: 391–421.
- PARSONS P. A. (1990): Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. – *Biol. Rev.* 65: 131–145.
- PICTON H. D., PALMISCIANO D. P. & NELSON G. (1990): Fluctuating Asymmetry and testing isolation of Montana Grizzly bear populations. – *Internat. Conf. of Bear Research and Management* 8: 421–364.
- ROLDAN R. S., CASSINELLO T., ABAIGAR T. & GOMEINDO M. (1998): Inbreeding, fluctuating asymmetry and ejaculate quality in an endangered ungulate. – *Proc. Roy. Soc. London* 265: 243–248.
- SARRE S. (1996). Habitat fragmentation promotes fluctuating asymmetry but not morphological divergence in two geckos. – *Res. Pop. Ecol.* 38(1): 57–64.
- SARRE S. & DEARN J. M. (1991): Morphological variation and fluctuating asymmetry among insular populations of the Sleepy Lizard, *Trachydosaurus rugosus*. – *Aust. J. Zool.* 39: 91–104.
- SOULÉ M. E. (1979): Heterozygosity and developmental stability another look. – *Evolution* 33: 396–401.
- STRONG L. & JAMES S. (1992): Some effects of rearing the yellow dung fly *Scatophaga stercoraria* in cattle dung containing ivermectin. – *Ent. Exp. Appl.* 63: 39–45.
- THORNHILL R. & SAUER P. (1992): Genetic sire effects of the fighting ability of sons and daughters and mating success of sons in a scorpionfly. – *Anim. Behav.* 43: 255–264.
- TSUBAKY Y. (1997): Fluctuating asymmetry of the *Dacus dorsalis* during the process of its extinction from the Okinawa islands. – *Cons. Biol.* 12(4): 926–929.
- VAN VALEN L. (1962): A study of fluctuating asymmetry. – *Evolution* 16: 125–142.
- WADDINGTON C. H. (1942): Canalisation of development and the inheritance of acquired characters. – *Nature* 150: 563–565.
- ZAKHAROV V. M. (1981): Fluctuating asymmetry as an index of developmental homeostasis. – *Genetica* 13: 241–256.

- ZAKHAROV V. M. (1992): Population phenogenetics: analysis of developmental stability in natural populations. – Acta Zool. Fenn. 191: 7–30.
- ZAKHAROV V. M & YABLOKOV A. V. (1990): Skull asymmetry in the Baltic grey seal: effects of environmental pollution. – Ambio 5: 266–269.
- WERNER Y.L., ROTHENSTEIN D. & SIVAN N. (1991): Directional asymmetry in reptiles (Sauria: Gekkonidae: *Ptyodactylus*) and its possible evolutionary role, with implications for biometrical methodology. – J. Zool. 225: 647–658.

### Comparison of two dice snake (*Natrix tessellata*) populations: an example for measuring fluctuating asymmetry

KRISZTIÁN SZABÓ, ANDRÁS LIKER & ZOLTÁN KORSÓS

Two Hungarian dice snake populations were compared with regards to their population structure and individual morphological variation. The larger, more stable population at Lake Balaton had a balanced age structure, whereas the smaller, presumably recently established population of a fish pond at Mád, Nordeast Hungary had many juvenile and only a few adult specimens. Fluctuating asymmetry of four types of head scale numbers were compared between the two populations by two indices, and significant differences were found in most cases showing that the dice snakes at Mád have a large ratio of asymmetric head scales. This small, unstable population may be subject to a stronger environmental stress, and inbreeding or bottleneck effects may also influence its genetic structure. The phenomenon is especially well marked by the strong fluctuating asymmetry ratio, in contrast to the other, stable population that has less asymmetrical individuals.

# Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) (Coleoptera: Chrysomelidae) felderítésével kapcsolatos hazai vizsgálatok eredményei\*

RIPKA GÉZA<sup>1</sup>, PRINCZINGER GÁBOR<sup>2</sup>, HATALÁNÉ ZSELLÉR IBOLYA<sup>3</sup>, HEGYI TAMÁS<sup>4</sup>,  
TÓTH BÉLA<sup>5</sup>, VASAS LÁSZLÓ<sup>6</sup> és VÖRÖS GÉZA<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Növény- és Talajvédelmi Központi Szolgálat, H-1519 Budapest, Pf. 340. E-mail: novved@elender.hu

<sup>2</sup> FVM Növényvédelmi és Agrár-környezetgazdálkodási Főosztály, H-1860 Budapest 55. Pf. 1. E-mail: prigabor@westel900.net

<sup>3</sup> Csongrád Megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat, H-6801 Hódmezővásárhely, Pf. 99. E-mail: info@nta.cso-kozig.b-m.hu

<sup>4</sup> Bács-Kiskun Megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat, H-6001 Kecskemét, Pf. 171. E-mail: hegyit@fki.gov.hu

<sup>5</sup> Baranya Megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat, H-7615 Pécs 15. Pf. 13. E-mail: nta-baranya@fki.gov.hu

<sup>6</sup> Békés Megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat, H-5602 Békéscsaba, Pf. 28. E-mail: nta-bekes@fki.gov.hu

<sup>7</sup> Tolna Megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat, H-7101 Szekszárd, Pf. 104. E-mail: nta-Tolna@fki.gov.hu

**Összefoglalás.** A belgrádi repülőtér közelében 1992 nyarán az európai faunában új faj, az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) kártételét és egyedeit találták meg. 1995 nyarán a kártevő Magyarország két déli megyéjében is megjelent. A magyar növényvédelmi szervezet 1994 óta végzi a faj megfigyelését. Ez a munka 1997-től két évig FAO TCP keretében, nemzetközi együttműködéssel folyt. Az 1995 óta eltelt öt évben a faj az ország 16 megyéjében került elő és elterjedése elérte a magyar-szlovák határt. Az ország déli, délkeleti és középső kukoricatermesztő megyéiben a kártevő kolonizációja folyamatban van. Az utóbbi három évben néhány kukoricatáblán már gyökérkártétel is előfordult.

**Kulcsszavak:** amerikai kukoricabogár, elterjedés, életmód, kártétel, Magyarország.

## Bevezetés

Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) az USA-ban és Kanadában a kukorica legfontosabb állati kártevője. A belgrádi repülőtér (Surčin) közelében 1992 nyarán észlelték a lárvák károsítását és találták meg a faj kifejlett egyedeit (BAČA 1993). A rovar Jugoszláviába feltehetően a nyolcvanas évek második felében kerülhetett be. Valószínűleg négy-öt év elteltével szaporodhatott el olyan mértékben, hogy egy surčini kukoricatáblán szemmel látható kártételt okozott. A megtalálás helye alapján valószínűsíthető a bogár légi úton történt behurcolása Európába. Az egynemzedékes amerikai kukoricabogár talajban élő lárvája a gyökerek kiodvasításával és elragadásával okoz jelentős gazdasági kárt (KRYŠAN & MILLER 1986). A június végétől októberig rajzó bogarak a kukorica pollenjével, bibe szálával, levelével, szemekkel valamint több növény családba tartozó faj virágporával táplálkoznak. A hímek rajzáskezdeté megelőzi a nőstényekét. A monokultúrás kukoricatermesztés kedvez a kártevő elszaporodásának. A magyar és jugoszláv entomológusok, illetve növényvédelmi

\* Előadták a szerzők az Állattani Szakosztály 908. ülésén (2000. december 6.).

szakemberek közti jó kapcsolatnak köszönhetően a hazai növényvédelmi szervezet felkészülhetett az inváziós faj „fogadására” (PRINCZINGER 1996).

## Módszerek

A magyar növényvédelmi szervezet 1994-ben kezdte el a kártevő megfigyelésével kapcsolatos munkát. A megyei növény- és talajvédelmi szolgálatok (a korábbi növényegészségügyi és talajvédelmi állomások) szakemberei a tenyészidőszakban vizuális vizsgálattal végezték a faj felderítését a kukoricatáblákon.

1995-ben Baranya, Bács-Kiskun, Csongrád és Békés megyében, a horvát, a jugoszláv és a román határszakasz mentén 400 km hosszón, 20 helyen, helyenként öt, úgynevezett cucurbitacin-csapda (egy a tökfélékben található fagostimuláns anyagot valamint karbaril inszekticid hatóanyagot tartalmaz) üzemeltetésével június 29-től augusztus 31-ig folyt a kártevő felderítése. A hímeket és nőtényeket egyaránt fogó csapdákat a kukorica növény szárára, a fejlődő cső közelébe erősítettük fel és kéthetente újra cseréltük ki. A csapdákat a kukoricatábla szélétől 50 m-re helyeztük el. Év közben az MTA Növényvédelmi Kutatóintézete által kifejlesztett, csak hímeket fogó, Csalomon szexferomoncsapda is kipróbálásra került ugyanezen a pontokon. Ez a típus augusztus 15-től szeptember 15-ig 26 helyen működött. A négy déli megyén kívül a ferihegyi repülőtérén és a csepeli szabadkikötőben is alkalmazásra került ez a csapdatípus. Öt helyen október 14-ig tovább folytatódott a csapdázás. A csapdafogásokat júliusban naponta, augusztusban, szeptemberben és októberben pedig hetente kétszer ellenőriztük.

A bogár felderítését 1996-ban az ország összes megyéjére kiterjesztettük. A kártevő várható terjedési irányának, a kukoricatermesztés súlyának valamint az ökológiai adottságoknak megfelelően az ország területét három zónára osztva 158 megfigyelési helyet jelöltünk ki. Az első zónára, azaz a déli megyékre koncentrálódott a csapdázási helyek többsége (70 db). Minden megfigyelési helyen működött szexferomoncsapda. Ezen kívül a már említett négy déli megyében összesen öt helyen még cucurbitacin-csapda, illetve a szintén mindkét ivar egyedeit fogó Multigard<sup>®</sup> ragadós sárgalap is üzemelt. A fogásokat július 1. és szeptember 30. között 7–10 naponként olvastuk le. A fogott imágókat eltávolítottuk. A csapdákat havonta cseréltük újra.

Magyar kezdeményezésre 1997–1998 években a FAO által koordinált és részben támogatott, a térség másik három, Jugoszláviával szomszédos, országával (Bosznia-Hercegovina, Horvátország, Románia) közös szakmai program indult a Szent István Egyetem (korábban Gödöllői Agrártudományi Egyetem) Növényvédelemtani Tanszékének a közreműködésével. Az ország 249 kukoricatábláján folyt a károsító csapdás felderítése 1997-ben. Ebből 121 hely az első (déli) zónában volt. A még nem fertőzött területen Csalomon szexferomoncsapdával folyt a felderítés. A faj északi (nyugati, keleti) elterjedési határa mentén pedig ún. vonalcsapdázással illetve az erre épülő ún. követő csapdázással bővült a vizsgálat. Ez utóbbi kétféle megfigyelés Csalomon szexferomoncsapdával és Multigard<sup>®</sup> ragadós sárgalappal zajlott július elejétől szeptember végéig.

1998-ban az ország azon részein, ahol az előző években még nem volt imágófogás, 78 helyen vizsgáltuk a kártevő előfordulását szexferomoncsapdával. Az amerikai kukoricabogár 1997. évi elterjedési határa mentén 8 megye 56 pontján ún. vonalcsapdázás folyt, szexferomoncsapdával. A vonalcsapdák egymástól 7–10 km-re, kukoricatáblákon voltak kitéve. Ezen kívül 6 megye további 16, a már az előző évi fogások alapján úgymond fertőzött – és már több éve állandó – helyén pedig a kártevő populációját a terv szerint több éven keresztül mérő csapdázást végeztünk mind Csalomon szexferomoncsapda mind Multigard® ragadós sárgalap csapda telepítésével. A két csapdatípus egymástól legalább 50 m-re volt elhelyezve. A fogott egyedeket 10 naponként számoltuk meg, a ragacslapot és a kapszulát havonta cseréltük ki.

1999-ben az ország 105 olyan helyén folytatódott a felderítő csapdázás szexferomoncsapdával, ahol 1998-ban még nem volt jelen a bogár. Ezen kívül 9 már „fertőzött” megye 19 vizsgálati pontján a faj népességének nagyságát mértük fel Csalomon szexferomoncsapdával valamint Multigard® ragadós sárgalap csapdával. A csapdák június 21-től október elejéig működtek, dekádonkénti ellenőrzéssel, leolvasással és 30 naponkénti cserével.

2000-ben 71 felderítő és 27, a faj populáció nagyságát mérő megfigyelési helyen június 20-tól kezdődött a csapdázás. Ebben az évben a populációváltozást egy újabb csapdával, a Pherocon® AM ragadós sárgalappal is vizsgáltuk.

1997-től kezdve minden évben júliusban az előző évi imágó észlelési helyeken és azok közelében lárvákárosítás felmérést végeztünk a kukoricatáblákon. A kártétel mértékét a Hills-Peters féle gyökérvártételi skála alapján állapítottuk meg (KRYSAN & MILLER 1986). 2000-ben a 10 legrégebben fertőzött megyében, a kukorica-vetésterület 10%-án került sor gyökérvártétel felmérésre. A vizsgálat elsősorban a monokultúras kukoricaterületre irányult.

## Eredmények

A kukoricatáblákon végzett vizuális vizsgálat során 1994-ben nem találtunk amerikai kukoricabogarat az országban. A következő év június 30-án Csongrád megyében, Mórahalom közelében az egyik cucurbitacin-csapdában került elő a faj első hazai példánya, amely egy nőtény egyed volt. Szexferomoncsapdával még másik három csongrád megyei táblán (Tiszasziget, Kiszombor és Nagylak közelében), valamint egy békés megyei táblán (Mezőhegyes) összesen 16 bogarat sikerült csapdázni. Ezek mindegyike hím volt. 1996-ban csak az első (déli) zónában volt imágófogás, a 70 hely közül 36 táblán. A kihelyezett szexferomoncsapdák és sárgalapok augusztus elején és július végén fogták a legtöbb bogarat. Az összes fogás 1191 egyed volt. A kártevő mintegy 210 km szélességben és kb. 40 km mélységben hatolt be az ország területére. 1997-ben a 249 megfigyelési helyből 81 helyen került amerikai kukoricabogár imágója a csapdába (PRINCZINGER et al. 1998). A csapdák összesen 3910 bogarat fogtak. A korábban említett két megyén kívül a kártevő megjelent Baranya, Tolna, Bács-Kiskun és Pest megyében is. A bogár legészakibb előfordulása a jugoszláv határtól mintegy 100 km-re volt. 1998-ban a 150 vizsgálati helyből 24-en történt fogás (PRINCZINGER & RIPKA 1998). Az 56 vonalcsapdából 10 fogott kukoricabogarat. A harmadik zónában nem volt fogás. A populáció erős növekedése volt tapasztalható Villány,

Bóly, Kunbaja, Bácsalmás, Szeged, Csanádpalota, Nagylak és Mezőhegyes térségében. A fertőzött megyék száma három újjal bővült: Somogy, Fejér és Jász-Nagykun-Szolnok. Ebben az évben az országban az első imágót egy szegedi kísérleti parcellán június 25-én találtuk meg a talajban. A faj terjedése lelassult az előző évihez képest: a déli határtól 120 km-re volt az északi elterjedés határa, és a népesség növekedése is elmaradt az 1997. évitől. 1999-ben 105 felderítő csapdából 51 csapda fogott imágót (PRINCZINGER & RIPKA 1999). A népesség alakulását mérő 19 csapdázási hely mindegyikén fogtak bogarat. A két csapdázási módszerrel összesen 9304 amerikai kukoricabogarat gyűjtöttek. Ez jóval több az előző évi fogásnál, ami 1895 példány volt. Jelentős népességnövekedést tapasztaltunk Fejér, Somogy és Pest megyében. Általában két rajzáscsúcs alakult ki, amelyek július és augusztus hónapokra estek, bár a csúcsok vizsgálati helyenként változtak. Hazánk 12 megyéjében megtalálták a kártevőt. Ebben az évben Komárom-Esztergom, Nógrád és Hajdú-Bihar megyékben jelent meg a faj.

**1. táblázat.** Az amerikai kukoricabogár felderítő csapdázás 2000. évi eredményei (fogott egyed).  
**Table 1.** Results of western corn rootworm scout trapping in Hungary in 2000.

Megye	Csapdázási hely	Csapdázási hely D.v.v. fogással	Csapdázási időszak (hónap)				Összes fogott egyed	Imágó/csapda
			06.	07.	08.	09.		
Somogy	5	5	6	20	10	0	36	7,2
Zala	5	2	0	9	0	0	9	4,5
Vas	5	0	0	0	0	0	0	–
Veszprém	5	2	0	20	2	0	22	11
Győr-M.-S.	8	0	0	0	0	0	0	–
Komárom-Esztergom	5	0	0	0	0	0	0	–
Fejér	3	2	–	82	48	0	130	65
Pest	2	1	0	2	3	0	5	5
Nógrád	3	2	0	32	21	0	53	26,5
Heves	6	1	0	1	0	0	1	1
Jász-N.-Sz.	4	2	2	0	0	1	3	1,5
Borsod-A.-Z.	5	1	1	0	0	0	1	1
Hajdú-Bihar	6	6	5	170	166	11	352	58,6
Szabolcs-Sz.-B.	8	0	0	0	0	0	0	–
Budapest	1	1	0	25	49	0	74	74
<b>Összesen</b>	<b>71</b>	<b>25</b>	<b>14</b>	<b>361</b>	<b>299</b>	<b>12</b>	<b>686</b>	<b>27,4</b>

2000-ben a bogarak rajzása két héttel korábban, június közepén megindult. Ebben a hónapban a felderítő és felmérő csapdák figyelemreméltó egyedszámot, 1959 fogtak (1. és 2. táblázat). A rajzás júliusban volt a legintenzívebb, amikor 9443 imágót gyűjtöttek. Június-július-augusztus hónapokban 15786 egyedet fogtak. Ez a szám jelentősen felülmúlta az elmúlt évi értéket. A faj elérte Zala, Veszprém, Heves és Borsod-Abaúj-Zemplén megyéket is.

**2. táblázat.** Az amerikai kukoricabogár populációját felmérő csapdázás 2000. évi eredményei.  
**Table 2.** Results of western corn rootworm permanent trapping in Hungary in 2000.

Megye	Csapdatípus	Csapdázási hely	Csapdázási időszak (hónap)					Összes fogott egyed	Imágó/csapda
			06.	07.	08.	09.	10.		
Somogy	Csalomon	2	0	12	25	4	0	41	20,5
	Multigard	2	0	1	0	0	0	1	0,5
	Pherocon AM	2	0	1	0	0	0	1	0,5
Tolna	Csalomon	2	4	151	163	21	0	339	169,5
	Multigard	2	0	2	3	1	0	6	3,0
	Pherocon AM	2	0	0	0	0	0	0	–
Fejér	Csalomon	2	1	7	8	0	0	16	8
	Multigard	2	0	3	0	0	0	3	1,5
	Pherocon AM	2	1	0	1	0	0	2	1,0
Komárom-Esztergom	Csalomon	1	0	0	0	0	0	0	–
	Multigard	1	0	0	0	0	0	0	–
	Pherocon AM	1	0	0	0	0	0	0	–
Pest	Csalomon	2	0	221	57	0	0	278	139,0
	Multigard	2	0	0	0	0	0	0	–
	Pherocon AM	2	0	0	0	0	0	0	–
Nógrád	Csalomon	1	0	3	2	2	0	7	7
	Multigard	1	0	0	0	0	0	0	–
	Pherocon AM	1	0	0	0	0	0	0	–
Jász-N.-Sz.	Csalomon	2	14	214	34	27	6	295	147,5
	Multigard	2	1	16	0	0	0	17	8,5
	Pherocon AM	2	–	2	1	0	0	3	1,5
Bács-Kiskun	Csalomon	3	173	802	317	18	0	1310	436,7
	Multigard	3	0	31	1	0	0	32	10,7
	Pherocon AM	3	0	22	3	0	0	25	8,3
Baranya	Csalomon	3	653	382	930	223	0	2188	729,3
	Multigard	3	75	144	189	5	0	413	137,7
	Pherocon AM	3	69	65	97	0	0	231	77,0
Csongrád	Csalomon	4	207	2354	865	68	0	3494	873,5
	Multigard	4	331	3023	651	2	0	4007	1001,7
	Pherocon AM	4	230	315	93	1	0	639	159,7
Békés	Csalomon	3	177	1098	533	27	0	1835	611,7
	Multigard	3	2	77	15	1	0	95	31,7
	Pherocon AM	3	3	7	8	1	0	19	6,3
Hajdú-Bihar	Csalomon	2	3	118	84	6	0	211	105,5
	Multigard	2	1	7	4	0	0	12	6,0
	Pherocon AM	2	0	4	1	0	0	5	2,5
Összesen	Csalomon	27	1232	5362	3018	396	6	10014	370,9
	Multigard	27	410	3304	863	9	0	4586	229,3
	Pherocon AM	27	303	416	204	2	0	925	54,4
Összesen		27	1945	9082	4085	407	6	15525	218,2

A felderítő valamint a populáció felmérő csapdázással 16211 egyedet fogtak. Ez az érték jóval több volt, mint 1999-ben, amikor 9304 bogarat gyűjtöttek (3. táblázat). A felmérés során ebben az évben először, a Multigard® csapdák a szexferomoncsapdákénál több bogarat fogtak Csongrád megyében (2. táblázat).

**3. táblázat.** Az amerikai kukoricabogár állományát felmérő csapdázás eredményei 1997–2000. években.  
**Table 3.** Results of western corn rootworm permanent trapping in Hungary between 1997–2000.

Év	Csapdázási helyek száma	Fogott imágó (egyed)			Átlag imágófogás/csapda		
		Szex-feromon	Multigard	Pherocon AM	Szex-feromon	Multigard	Pherocon AM
1997	16	2395	–	–	147,9	–	–
1998	16	1790	84	–	74,3	3,6	–
1999	19	6407	909	–	337,2	47,8	–
2000	27	10014	4586	925	370,9	229,3	54,4

**4. táblázat.** Az amerikai kukoricabogár gyökérkártétel-felmérés 2000. évi eredménye.

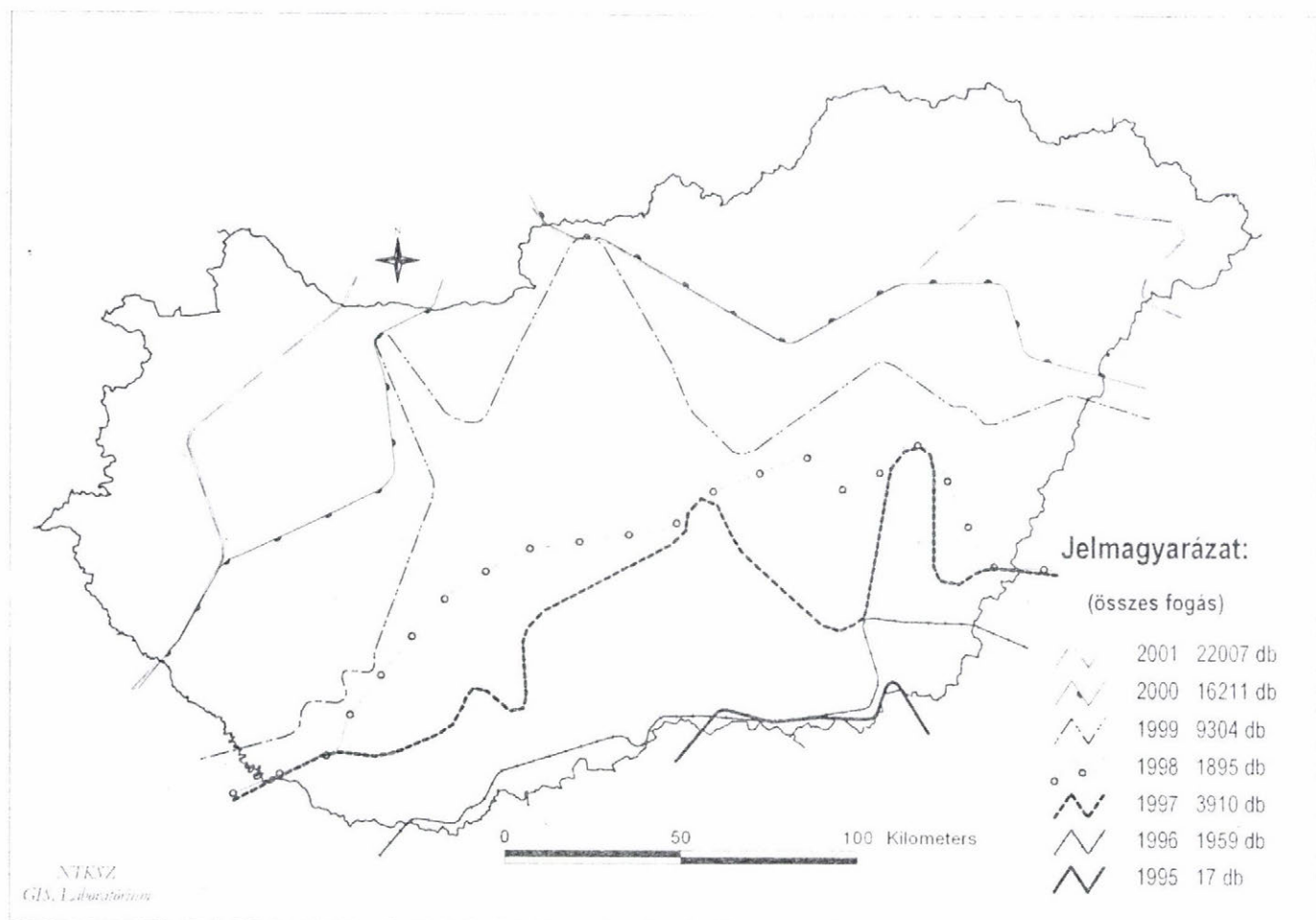
**Table 4.** Results of the survey of western corn rootworm larval damage in Hungary between 2000.

Megye	Felvételezett táblák száma	Felvételezett terület (ha)	Amerikai kukoricabogár lárva által károsított terület (ha)	Kártétel mértéke (Hills-Peters skála)
Baranya	80	4215	556	1,22
Bács-Kiskun	62	4203	2133	2,05
Békés	78	2644	310	2,82
Csongrád	119	5158	104	3,52
Tolna	57	2791	0	–
Somogy	26	1789	0	–
Fejér	81	5935	0	–
Pest	92	3287	0	–
Jász-Nagykun-Szolnok	80	3771	0	–
Hajdú-Bihar	294	7564	0	–
Összesen	969	41357	3103	2,4

**1. ábra.** Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) elterjedése Magyarországon 1995–2000.

**Figure. 1.** Distribution of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) in Hungary between 1995 and 2000.





Az imágókat a kukoricán kívül megtaláltuk napraforgón, babon, szóján, lucernán, tökön, parlagfűvön és disznóparéjon is. A bogár alkalmi éresi táplálkozást az első három növényen végzett. 1997-ben és 1998-ban Szegeden igen gyenge lárvakárosítást észleltünk egy kísérleti kukorica parcellán. Gyenge kártétel 1998-ban Végegyházán is előfordult (RIPKA et al. 1999). 1999-ben Szegeden a gyökereken már gazdasági kártételt találtunk, amely a növényállomány mintegy 10%-ának dőlését okozta. 2000-ben az ország tíz megyéjében főleg monokultúrában termesztett kukorica állományban végzett gyökérvédekezés felmérés során Baranya, Bács-Kiskun, Békés és Csongrád megyékben 3130 ha-on fordult elő károsítás (4. táblázat). Ebben az évben több mint 1000 ha-on az imágók ellen üzemi védekezések történtek.

## Értékelés

Vizsgálataink alapján a jövevény faj Magyarországon megtelepedettnek tekinthető. A faj a folyóvölgyek és például a Móri-árok nyújtotta kedvező domborzati viszonyokat kihasználva terjed észak és nyugat felé (1. ábra). 1999-ben az országon keresztülhaladva elérte a magyar-szlovák határt. Jelenlegi elterjedési határa Zala megye délkeleti részétől (Zalai-dombság) kiindulva a Balaton északi partja, Bábolna, Nógrádi-medence, Heves, Mezőcsát, Hajdúdorog, Debrecen vonalon húzódik. Ez az inváziós faj az ország kukoricatermő területén 3 megye (Vas, Győr-Moson-Sopron és Szabolcs-Szatmár-Bereg) kivételével megtalálható. A déli, délkeleti valamint a középső megyékben, – a kukoricatermesztés számára legjobb minőségű talajokon, ahol a legnagyobb területen folyik a gazdanövény termesztése – gőcszerűen megindult, illetve egyes táblákon már meg történt a faj kolonizációja. Ez a következő években az érintett területeken gazdasági kár lehetőségét vetíti előre.

**Köszönetnyilvánítás.** Köszönet illeti a megyei növény- és talajvédelmi szolgálatok (a korábbi növényegészségügyi és talajvédelmi állomások) zoológus szakelőadóit: AVAR KÁLMÁN, CZIKLIN MARGIT, DULINAFKA GYÖRGY, DR. GÁL TIBORNÉ, GÓLYA GELLÉRT, GYÖRFFYÉ DR. MOLNÁR JÚLIA, DR. GYULAI PÉTER, HAVASRÉTI BÉLA, DR. HERCZIG BÉLA, HERTELENDY PÉTER, DR. ILOVAI ZOLTÁN, DR. JOBBÁGY JÁNOS, KASZA IMRE, KOMLÓSI ÉVA, MEZEY ÁGOTA, MOLNÁR FERENC, MOLNÁR JÓZSEFNÉ DR., REIDERNÉ SÁLY KLÁRA, SZÁNTÓNÉ VESZELKA MÁRIA, SZENDREY LÁSZLÓNÉ, DR. SZEŐKE KÁLMÁN, DR. TÓTH ATTILA. Szintén köszönjük a felderítési munkában részt vett valamennyi ekorejelzési szakelőadót, valamint növényvédelmi és növényegészségügyi felügyelő munkáját. Köszönettel tartozunk Prof. DR. RICHARD C. EDWARDSnak (Purdue University, West Lafayette, USA), Prof. DR. KISS JÓZSEFnek (Szent István Egyetem, Gödöllő) a folyamatos szakmai konzultációk lehetőségéért.

## Irodalom

- BAČA F. (1993): New member of the harmful entomofauna of Yugoslavia *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). – IWGO Newsletter 13: 21–22.
- KRYAN J. L. & MILLER T. A. (1986): *Methods for the Study of Pest Diabrotica*. Springer-Verlag, New York, 260 pp.

- PRINCZINGER G. (1996): Monitoring of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Hungary 1995. – IWGO Newsletter 16: 7–11.
- PRINCZINGER G., ILOVAI Z. & RIPKA G. (1998): Results of monitoring *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte in Hungary in 1997. – IWGO Newsletter 18(1): 17.
- PRINCZINGER G. & RIPKA G. (1998): Distribution of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte in Hungary in 1998. – IWGO Newsletter 18(2): 11.
- PRINCZINGER G. & RIPKA G. (1999): Monitoring of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Hungary in 1999. – Workshop on Western Corn Rootworm 1999, Paris, Summary of the abstracts, pp. 2–3.
- RIPKA G., PRINCZINGER G., ZSELLÉR HATALA I., VASAS L., TÓTH B., KISS J., & EDWARDS C. R. (1999): Recent Data to the Distribution of Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Hungary. – *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 34(4): 387–392.

## Results of the monitoring of Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) (Coleoptera: Chrysomelidae) in Hungary

GÉZA RIPKA, GÁBOR PRINCZINGER, IBOLYA HATALA ZSELLÉR, TAMÁS HEGYI,  
BÉLA TÓTH, LÁSZLÓ VASAS & GÉZA VÖRÖS

The Hungarian Plant Protection Organisation has carried out a nation-wide survey of western corn rootworm (WCR) (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Hungary since 1996. The Plant Health and Soil Conservation Stations in all counties have participated in the study. In the last three years WCR monitoring system was based on two basic examinations: scout trapping and permanent monitoring network. Where the WCR was absent in the previous year, Hungarian sex-pheromone traps (Csalomon®) were placed out in maize fields. In the non-infested areas of these counties, the traps were monitored from 20 June till the end of September at 10-day intervals. Within 30 days the traps were replaced by new ones. To determine WCR population build-up Hungarian pheromone traps and Multigard® yellow sticky traps were placed out in pairs. The distance between pheromone and Multigard® traps was 50 m. In maize fields the traps were monitored from 20 June to end of October. From 22–26 June Pherocon® AM yellow sticky traps were also placed in each monitoring field and checked as the two other trap types. All traps were changed at intervals of 30 days. Catches were recorded decedely. WCR was trapped in 16 out of 19 Hungarian counties till late August in 2000. Out of 71 scout traps, 25 ones had catches over WCR-infested area. These traps caught a total of 686 beetles. The average number of catches was 27,4 adults/trap. Out of 27 permanent monitoring pheromone traps, 25 ones had catches. A total of 10014 beetles were caught. The average catch was 370,9 beetles/trap. Out of 27 Multigard® traps catches were observed on 20 traps. 4586 WCR adults were

trapped. The average catch was 229,3 beetles/trap. 17 traps had catches out of 27 Pherocon® AM traps. Total catch was 925 imagoes, and the average value was 54,4 beetles/trap. The two trapping systems caught a total of 16211 WCR adults, much more than in 1999 (9304 beetles). The highest population density was at Szeged (Csongrád county). At Szeged the catch of Multigard® trap was higher than that of sexpheromone trap. This results was first found this year. WCR population considerable increased in counties Csongrád, Baranya and Békés. Due to warm and dry weather, the life-cycle of WCR was rapid. In Transdanubia, in counties Veszprém and Zala, this year WCR reached the northern shore of lake Balaton. The invasive species was found in counties Heves and Borsod-Abaúj-Zemplén. In county Nógrád of northern Hungary WCR was trapped close to the river Ipoly, near the Slovakian border, too. WCR flight started in the middle of June with considerable large numbers. It was approx. 10–14 days earlier than last year. The pest is spreading northward along the river Tisza. In 10 WCR-infested counties, WCR larval damages were surveyed in 969 maize fields on 41357 ha. It is approximately 10% of total maize fields of these counties. Majority of the inspected fields was continuous corn. The Iowa scale was used for the evaluation. In counties Békés, Baranya, Bács-Kiskun and Csongrád, larval damages were observed on 3103 ha. In counties Bács-Kiskun and Csongrád, root damages reached the economic level.

## A tengerpart feltöltésének hatása az álcserapesteknős (*Caretta caretta*) fészkelési sikerére\*

Erdey Mercedes<sup>1</sup>, Kiss István<sup>1</sup> és Jerris Foote<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Szent István Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszék, H-2103 Gödöllő, Páter K. u. 1.

<sup>2</sup> Mote Marine Laboratory, 1600 Ken Thompson Parkway, Sarasota, Florida 34236 USA

**Összefoglalás.** A tengeri teknősök csökkenő állományainak észlelése és a beindult védelmi programok rávilágítottak arra, hogy nem csupán a faj egyedeit, hanem azok élőhelyét, beleértve a szaporodóhelyét is védeni kell. Vizsgálatainkban arra kerestünk választ, hogy a tengerpart homokkal történő feltöltése és az egyéb környezeti tényezők köre hogyan befolyásolja az álcserapesteknős (*Caretta caretta*) szaporodási sikerét. Egymáshoz közel fekvő, a legtöbb környezeti paraméter tekintetében igen hasonló két területet választottunk ki, amelyek közül az egyik természetes, míg a másik homokkal mesterségesen feltöltött volt. Eredményeink azt mutatják, hogy a vizsgált paraméterek alapján a két terület egymástól jól elkülönül a szaporodási sikert figyelembe véve. Az összes próbálkozást és a sikeres fészeképítések számát nézve a természetes partszakaszon 345 fészkelési kísérletből 244 járt sikerrel, míg a feltöltött partszakaszon 115 próbálkozásból 66 végződött eredménnyel. A tengerparti homok tömörödöttségében szignifikáns különbséget találtunk a két terület között. A homokkal feltöltött területen az átlagos tömörödöttség (560,18 CIU) több mint kétszer nagyobbak bizonyult a természetes partszakaszhoz viszonyítva (226,61 CIU). A feltöltött partszakaszon a sikeres tojásrakáshoz szükséges feltételek megváltozását jelzi, hogy a fészkek térfogata csökkent, és a kelési sikerben (természetes szakaszon: 82,9%, feltöltött szakaszon 55%) szignifikáns eltérést kaptunk.

**Kulcsszavak:** *Caretta caretta*, tengerpart feltöltés, fészkelési siker, kelési siker, homok tömörödöttség.

### Bevezetés

#### Csökkenő állomány

A tengeri teknősök veszélyeztetettségének biológiájukból adódó okai közé tartozik többek között az, hogy szaporodóképességüket igen későn érik el, nem minden évben raknak tojásokat, táplálékösszetételük többnyire speciális és életük során igen hosszú vándorlást folytatnak, amely alatt számos veszélynek vannak kitéve. A fő problémát továbbra is az emberi beavatkozások és ezek hatásai: a táplálkozó- és szaporodóhelyek beszűkülése és megszűnése, a törvénytelen vadászat, a halászhálóba akadás, a partok beépítése, vízbe kerülő vegyi és szilárd hulladékok, a vízszenyeződés hatására fellépő különböző megbetegedések okozzák (VENIZELOS 1993, BALAZS 1996).

\* Előadták a szerzők az Állattani Szakosztály 884. ülésén (1998. június 3.).

Florida partjai kiterjedt homokos partszakaszaiból és földrajzi helyzetéből eredően fontos fészkelő területeket jelentenek a tengeri teknősök három faja számára: álcserpesteknős (*Caretta caretta*), közönséges levesteknős (*Chelonia mydas*) és kérgesteknős (*Dermochelys coriacea*).

Az álcserpesteknős a legelterjedtebb faj Floridában. E faj állománya a világ számos részén hanyatlik. Ausztráliában némely helyen az évi 8 %-os egyedszám csökkenést is eléri (HEPPELL 1996). Ugyanez a tendencia igaz Európa számos részére (CORBETT 1989), de még a legfontosabb európai fészkelő területekre, Görögországra és Ciprusra is (HADJICHRISTOPHON & DEMETROPOULOS 1993). A USA délkeleti részében évente körülbelül 14 000 nőstény rakja le tojásait, és ezzel ez terület a világ legfontosabb fészkelőhelye. Floridában áprilistól szeptemberig tart a fészkelési időszak. Floridán kívül Észak- és Dél Karolinában és Georgiában is jelentős fészkelőtelepek találhatók (VAN METER 1992).

### *A faj biológiai, szaporodási sajátosságai*

Az álcserpesteknős kifejlett példányainak tömege 100–200 kg, hossza 1 m körül van. Teknője igen vastag, különösen a hátsó részén, mely jó védelmet nyújt az esetleges cápa-harapásokkal szemben. Trópusi és mérsékelt égövi vizekben egyaránt megtalálható. Az álcserpesteknősök nőstényei általában két vagy három évenként raknak tojást, szezononként általában két–három fészkeket (BJORNDAAL et al. 1983, EHRHART & RAYMOND 1983). A nőstények egyes fészkei közötti távolság általában kevesebb mint 5 kilométer (EHRHART 1979, FLETEMEYER 1983). Ez azt jelenti, hogy a nőstény egy bizonyos partszakaszt részesít előnyben a tojások lerakásához. Az ivarérett példányok nagy része arra a partszakaszra tér vissza, ahol a tojásból kikelt, majd később a táplálkozó- és tojásrakóhelyek között vándorolnak. Ezt az elméletet több genetikai kísérlettel is sikerült alátámasztani (HOPKINS & RICHARDSON 1984).

Fontos kérdés, hogy milyen tényezők határozzák meg, hogy a nőstények mely partszakaszt részesítik előnyben tojásaik lerakásához. Lényeges, hogy a partszakasz a tenger felől könnyen megközelíthető legyen. A homokszemcsék nagysága és a fészkelés gyakorisága között nem mutattak ki egyértelmű kapcsolatot. Bár van egy optimális szemcsenagyság, mely a kelési sikernek kedvez, ez a tényező nem kiemelkedő jelentőségű a partszakasz kiválasztásánál.

A nőstények gyakran elkerülik a kivilágított partokat, még akkor is ha nem is közvetlenül a tojásrakáshoz választott szakaszt világítja meg a mesterséges fényforrás (MORTIMER 1981). Egy másik tanulmány szerint a kelési siker nem függ szignifikánsan a dagályszinttől való távolságtól, a part lejtésszögétől, a fészek hőmérsékletétől, sem a fészek nedvességtartalmától. Az inkubáció időtartama kapcsolatban van a kelés sikerével és a tojások számával (GRANT & BEASLEY 1995).

A fészkelési kísérletek 30–40%-a nem végződik tojásrakással, ezeket nevezzük meddő nyomnak. Okai különbözőek lehetnek. A nőstény általában valamely akadályba ütközik, amit például a parton otthagytak székek, kiásott gödrök, vagy a házak védelmére épített betonperemek okozhatnak, majd megfordul és visszamegy a tengerbe. Néha csak a vegetáció állja útját, vagy a talaj fizikai tényezői (például tömörödöttsége) befolyásolják, de előfordul, hogy eddig nem ismert okok miatt nem rakja le tojásait.

Egy fészekben általában 100–150 tojás található, az átlagos kelési idő 55 nap körül van, de tapasztalataink szerint széles skálán mozog.

### ***A tengerpart feltöltésének következményei***

Eddig kevés jelentőséget tulajdonítottak az emberi taposás által okozott problémáknak, pedig az így megnőtt tömörödöttség jelentősen csökkenti a kelés sikerét (MORTIMER 1981).

A tengerpartokon az időszakos vízmozgásokat a homok vándorlása kíséri. Azonban a benépesedett tengerpartok, a vízszinthez túl közel épült nyaralók védelmére betonfalakat, lépcsőket építenek. Ezzel az eróziót nemhogy csökkentenék, de a szomszédos területeken meg is növelik. Így a parti homok, mely természetes körülmények között visszakerülne a területre, egyre csökken. Visszapótlására a legolcsóbb és egyben a leghatékonyabb mód a partok feltöltése a tengerből kiszivattyúzott homokkal (CRAIN et al. 1995).

Florida délkeleti partján a feltöltés hatását a teknősök fészkelésére először NELSON et al. (1987) vizsgálták részletesen. Ők már a homok tömörödöttségét is mérték. A Florida délkeleti részén található Fisher-sziget partját 1991-ben a Bahama-szigetéről hozott homokkal töltötték fel. Ezt követően 3 éven át vizsgálták a feltöltés hatását a teknősök fészkelésére. Az eredeti és a feltöltésre használt homok fizikai tulajdonságai hasonlóak voltak, a kelési sikerben sem mutattak ki szignifikáns különbséget a feltöltött és az eredeti állapotot összehasonlítva. Az egyetlen különbség a homok hőmérsékletében volt, mely az eredetinél 1,4–2,4 °C-kal hűvösebb volt, ami a keléshez szükséges időt 3–10 nappal növelte meg (SCHULMAN et al. 1994).

A keleti parton végzett 1992-es vizsgálatok csak a feltöltött és természetes partok anyagának összetételére és azok nedvesséviszonyaira vonatkoztak. A vizsgált és a kontrollterületek között szignifikáns különbséget állapítottak meg (PARKINSON 1994). A tengerpart feltöltésének hatását a tengeriteknősök fészkelésére többen is vizsgálták, azonban eredményeik számos esetben ellentmondóak (GRANT & BEASLEY 1995, VERHAGEN 1996, MILTON et al. 1997, DE RUIG 1998, DAVIS et al. 1999).

A Florida keleti partján végzett előzetes vizsgálatok alapján megállapították, hogy a feltöltési munkákat követően a part felső, mintegy 30 cm-es mélységében 650 CIU (Cone Index Unit) vagy annál kevesebbnek kell lennie a tömörödöttség értékének ahhoz, hogy a terület optimális legyen a teknősök fészkekrakásához. Felmerült a kérdés, mennyire alkalmazhatók a keleti partra érvényes előírások a nyugati parton. Előzetes vizsgálatok egyértelműen azt mutatták, hogy a nyugati parton mind a természetes, mind a mesterséges partszakaszok túllépik a megengedett tömörödöttségi értékeket. Ennek ellenére sorra engedélyezték a feltöltési munkákat a nyugati parton. Mivel az itt fészkelő teknős populáció nagysága jelentősnek mondható, ezért szükségessé vált a határérték használhatóságának, a tengeriteknősök szaporodási sikerének ellenőrzése (FOOTE et al. 1993). Az 1993-as fészkeléskor végzett tömörödöttség vizsgálatok ugyan negatív összefüggést mutattak ki a tömörödöttség mértéke és a fészkelési siker között, de nem találtak szignifikáns összefüggést a fészkek és a meddő nyomok számának alakulásában. Azonban a különböző földrajzi területek általános tulajdonságai a tömörödöttségi mérésekkel jól elkülöníthetők, és ez egyben alapot ad a természetes és ember által előidézett változások vizsgálatához (FOOTE & SPRINKEL 1994).

Az utóbbi években a partfeltöltési munkálatok hatásának vizsgálata került előtérbe, azonban az eredmények ellentmondásosak. Munkánk során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a tengerparton végzett feltöltési munkák hogyan befolyásolják az álcsereseteknősök fészkelési sikerét. Vizsgáltuk, hogy:

- A partszakaszon végzett feltöltési munkák hogyan hatnak a parti homok tömörödöttségére?

- A homok tömörödöttségében mutatkozó eltérések befolyásolják-e a teknősök fészkelését, illetve a fészkelési próbálkozások eredményességét?

- A homok tömörödöttsége befolyásolja-e és ha igen, milyen mértékben a fészkek kamra méreteit, a tojások számát és a kelési sikert?

- El lehet-e különíteni egy természetes és egy homokkal mesterségesen feltöltött területet a vizsgált környezeti paraméterek és a szaporodás sikert befolyásoló tényezők közötti kapcsolatok alapján?

## Módszerek

### *A vizsgálati területek bemutatása*

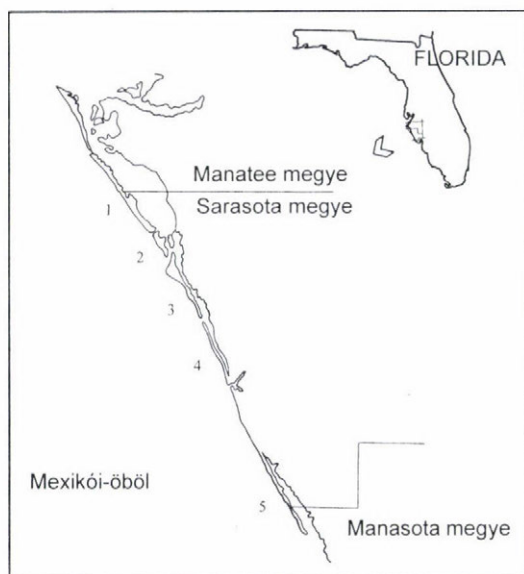
Florida nyugati partja több fő részre osztható, ezek egyike a Középső Szigetek csoportja. Ez a csoport kilenc különálló sziget láncolatából áll, amelyek közül öt a szárazfölddel párhuzamosan helyezkedik el. Ezek közül kettőn, a Siesta Key (SK) és a Longboat Key (LK) szigeteken végeztünk összehasonlító vizsgálatokat (1. ábra). A vizsgálati területek kiválasztásánál döntő szempont volt, hogy az összehasonlítani kívánt, homokkal feltöltött és a természetes állapotú terület nagyjából azonos hosszúságú, a turizmus által legkevésbé érintett és egyéb befolyásoló tényezőktől (például terepi akadályoktól) lehetőleg mentes, természeti adottságaikban nagyjából megegyező, összefüggő partszakasz legyen (1. táblázat).

A Siesta-sziget a Lido-szigettől és a Nagy Sarasota-Szorostól délre kb. 9,7 km hosszúságban húzódik egészen a volt Midnight-Szorosig. Északról dél felé haladva eltérő tulajdonságú partszakaszok sorakoznak (1–4. zónák). Legdélibb szakaszán, a vizsgálatra kiválasztott, a továbbiakban „természetes” partszakasznak nevezett területünkön (5–6. zóna) a part szélessége néhol a 10 m-t sem éri el, enyhén befelé lejt alacsony, de folyamatos dűnrendszerrel. A part anyagának jelentős részét kagylóhéjtöredékek teszik ki. A területen alapvető mesterséges beavatkozás nem történt, alakját, szerkezeti felépítését az évszakosan fellépő viharok jelentősen befolyásolják.

A Longboat-sziget Manatee megye déli és Sarasota megye északi részén helyezkedik el. Családi házak, sorházak és középületek építik be partját. A tengerpart Sarasota megyében hat zónára van felosztva, amelyek közül a két legészakibb fekvésű (VTP, X zónák) korábban csak időleges parttal rendelkezett. Először természetes feltöltődéssel állandó tengerparttá alakult, ekkor vált a tengeriteknősök fészkelőhelyévé. Majd az emberi létesítmények megjelenése után fellépő fokozott vízerózió szükségessé tette a mesterséges feltöltését (1995-ben). Vizsgálatunkba ezt a területet vontuk be, és a továbbiakban ezt nevezzük feltöltött partszakasznak. E két zóna a Longboat-sziget emberek által még kevésbé terhelt szakasza,



míg ettől dél felé haladva az 1–3. zónáig szállodákkal beépített, emberi zavarás által eléggé terhelt, homokkal mesterségesen feltöltött szakaszok következnek. A 4. zónán még 1997 nyarán is folytak feltöltési munkálatok.



**1. ábra.** Florida nyugati partjának alakulása. A számok a szigeteket jelölik (1: Longboat Key, 2: Lido Key, 3: Siesta Key, 4: Casey Key, 5: Manasota Key).

**Figure 1.** Regions of the West coast of Florida. Numbers refer to the Keys along the coast of Florida. (1: Longboat Key, 2: Lido Key, 3: Siesta Key, 4: Casey Key, 5: Manasota Key).

### Vizsgálati módszerek

Méréseinket 1997 nyarán, június 10. és szeptember 10. között végeztük a Mote tengerbiológiai kutatólabor tengeri teknős programjának keretében. A több mint 40 km-es partot minden reggel ellenőriztük. A három hónap során egy-két nap kivételével minden nap végeztünk méréseket.

Minden esetben megjelöltük a fészket facölöpökkel, amelyekre ráírtuk az észlelés dátumát, a legközelebbi pontos címet (pl. utca, házszám), valamint a megtaláló monogramját. Ezeket az információkat adatlapon is rögzítettük.

Ezen kívül minden fészeknek bemértük a helyét a parton: a partvonalra merőlegesen felvettük a távolságát a fészkeléskor megfigyelhető legmagasabb vízszint állásától, a parti növényzettől illetve tereptárgytól. A fészkek feltárásakor mérőszalaggal mértük a fészkek mélységét és átmérőjét. Meghatároztuk a fészekmélységet és a fészkek aljának a földfelszíntől való távolságát, az átmérőt pedig három szinten: a tetején, a közepén és az alján.

Bizonyos helyeken, például forgalmasabb részeken, ahol feltöltési vagy egyéb munkálatok folynak, meg kellett határoznunk a fészkek pontos helyét. Ilyenkor nagyon óvatosan megpróbáltuk megtalálni azt a területet, ahol puhább a homok, majd vigyázva, hogy a tojásokat meg ne sértsük, leástunk az első tojás szintjéig.

72 órával az első kelési hullám után vagy ha az előbb bekövetkezne, a lerakás utáni 75. napon feltártuk a fészket, eddig ugyanis elvileg már az utolsó fiókák is eltávoztak, hacsak nem voltak túl gyengék vagy bennszorultak a fészekben. Óvatosan, kézzel leástunk a fészkebe és megvizsgáltuk a fészekkamra tartalmát.

Rögzítettük a következő adatokat:

- kikelt tojások száma
- az üres tojások száma
- a fészekben talált élő fiókák száma
- a fészekben talált halott fiókák száma
- élő fióka, mely még csak a tojáshéjat törte át,
- halott fióka, mely csak a tojáshéjat törte át
- ki nem kelt tojások száma
- ragadozók vagy más hatásra bekövetkező tojás-megsemmisülés.

A homok tömörödöttségi adatait penetrométerrel mértük meg a fészkek körül három mérési ponton, minden mérési ponton három mélységben, melyet a műszeren levő beosztás jelzett.

A kúpos index (CI vagy angolul CIU) a behatoláshoz szükséges erő és a penetrométerfej keresztmetszetének viszonyát fejezi ki. A behatoláshoz szükséges erő a talajformáló és a súrlódási erőkből adódik. Csak azonos mélységekben mért CI értékek hasonlíthatók össze. Nyomóerő hatására a mérőszárban levő gyűrű rugalmas deformációt szenved, ennek mértékét az indikátor órán leolvashatjuk, melynek kalibrációja olyan, hogy a behatoláshoz szükséges erőt mutatja. A penetrométerrel végzett méréseknél font/inch<sup>2</sup>-ben kaptuk meg az adatokat. A maximális mérhető érték 300 font/inch<sup>2</sup> volt, mely megfelel az ember által a maximális erőbefektetés esetén kifejtett nyomóerőnek. A mért értékeket 2,5-el beszorozva kaptuk meg a tömörödöttség mérésére nemzetközileg használt egységet, a Cone Index Unit-ot (CIU, amint azt az ábráinkon későbbiekben feltüntettük).

### **Adatfeldolgozás**

Az adatok statisztikai feldolgozásához, szórásérték- és szignifikancia-vizsgálatokhoz t-próbát, F-próbát, Mann-Whitney U-tesztet használtunk. Az eredményeket Windows Excel program segítségével ábrázoltuk.

Az adatok közül a fészkelési sikerességet meghatározó legfontosabb tényezőket a SYNTAX programmal analizáltuk. Ez az eljárás az ordinációs módszerek egyike, amikor a dimenziók csökkentése mesterséges változók bevezetésével történik (PODANI 1994).

Mivel különböző dimenziójú (például %, hosszúság, térfogat stb.) adatokat kívántunk összehasonlítani, nem metrikus többdimenziós skálázást (Non-metric Multidimensional Scaling: NMDS) használtunk. A módszer lényege, hogy a távolságértékek közti különbségeket figyelmen kívül hagyjuk és az értékek nagyság szerinti sorrendjére vagyunk csak tekintettel.

## Eredmények

A változatos természeti adottságok ellenére sikerült két olyan, közel azonos hosszúságú (Siesta Key: 3150 m, Longboat Key: 3300 m) területet kiválasztani, amelyek elsődlegesen a partfeltöltés szempontjából térnek el.

Már az összes fészkelési próbálkozást vizsgálva is különbséget tapasztalunk a két terület között. A közel természetes állapotú Siesta Key területén 345, míg a feltöltött Longboat partszakaszon csak 115 alkalommal próbálták meg a nőtények lerakni tojásaikat (1. táblázat).

Ha csak a sikeresen lerakott fészkek egységnyi parthosszágra eső számát vizsgáljuk, akkor megállapítható, hogy ez a természetes parton jóval magasabb értéket mutatott. Ez a Siesta területen 1997 nyarán vizsgált időszakban 244 fészkek, a Longboat partszakaszon pedig 66 fészkek volt (1. táblázat).

A két terület elkülönülése még jobban szembetűnő, ha figyelembe vesszük a fészkeléssel nem végződő, sikertelen próbálkozásokat is, melyeket a meddő nyomok alapján állapítottunk meg. A 2. ábrán a sikeres és sikertelen próbálkozásokat együttesen értékeli. Látható, hogy a sikeres fészkeléssel végződő próbálkozások aránya a Siesta-szigeten nagyobb, 70,72%, (244 sikeres fészkelés a 345 próbálkozásból) míg a feltöltött parton csak 58,4% (66 sikeres fészkelés a 115 próbálkozásból).

A fészkelés sikerességében meglévő különbségek okai közül elsődlegesnek a feltöltés hatását találtuk. Vizsgálataink alapján a két terület homoktömörödöttségi adatai eltérést mutatnak a különböző mélységi szinteken. A területre leginkább jellemző tömörödöttségi értékeket a felső 15,24 cm-es adatokat vizsgálva kapjuk. Az alsóbb rétegekben más befolyásoló tényezők is szerepet játszhatnak, például kagylódarabok, növények gyökerei. A teknősök számára is a felső szint tömörödöttsége meghatározó.

**1. táblázat.** A vizsgált két partszakasz hosszúsága és a fészkelési próbálkozások száma.

Table 1. Lengths of the study zones and number of the nesting attempts and successful nestings.

Vizsgált terület	Hosszúsága (m)	Sikeres fészkelések száma (db)	Fészkek száma db/1000 m	Sikertelen fészkelések száma (db)	Sikertelen fészkelések száma db/1000 m
Természetes partszakasz (Siesta Key)	3150	244	77,5	101	15,5
Feltöltött partszakasz (Longboat Key)	3300	66	20	49	30,6

A 2. táblázatban láthatóak a felső 15,24 cm-es rétegben mért tömörödöttség átlagértékei. A két terület között szignifikáns különbséget ( $p < 0,001$ ) tapasztaltunk az átlagértékekben: 560,2 CIU körüli értéket mértünk a feltöltött parton, ez több mint kétszerese a természetes parton mért 226,6 CIU értéknek. Meg kell azonban jegyezni, hogy a szórás-

értékek igen magasak voltak, főleg a feltöltött területen (306,1), ami jelzi a feltöltés módszeréből eredő heterogenitást, míg a természetes partszakaszon jóval alacsonyabb szórásértéket (129,0) kaptunk.

A fészkek egy részénél a műszer felső méréshatárán felüli tömörödöttségi értékeket kaptunk. A tömörödöttség mérhetőségének területenkénti és rétegenkénti megoszlását mutatja be az 2. ábra. Látható, hogy a 100%-hoz képest (a területen található fészkek teljes száma) a nem mérhető tömörödöttségű fészkek aránya jóval magasabb a feltöltött területen, 42,4%, míg a természetes partszakaszon ennek mintegy harmada, 10,7 %. Ez is mutatja a feltöltés tömörítő hatását.

**2. táblázat.** A vizsgált két partszakasz tömörödöttségi értékei és a sikeres fészkelések adatai. A táblázatban az átlagértékek ( $\pm$ SD) értékek láthatók.

**Table 2.** Compaction values of the study zones and data of the successful nestings. Average ( $\pm$ SD) data are given.

Vizsgált terület	A felső 15 cm réteg tömörödöttségi értéke (CIU)	Fészkek térfogata (dm <sup>3</sup> )	Fészkek távolsága a dagályszinttől (m)	Tojások száma fészkenként (db)
Természetes partszakasz (Siesta Key)	226,6 ( $\pm$ 129,0)	16,37 ( $\pm$ 7,1)	8,59 ( $\pm$ 3,84)	103,4 ( $\pm$ 20,15)
Feltöltött partszakasz (Longboat Key)	560,2 ( $\pm$ 306,1)	10,61 ( $\pm$ 4,58)	12,66 ( $\pm$ 14,78)	110,1 ( $\pm$ 19,32)
p érték	<0,001	<0,001	>0,05	<0,05

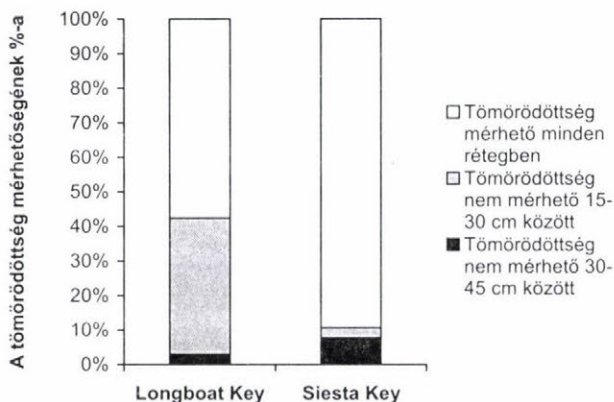
A grafikon a méréshatáron túli esetek előfordulási arányát is feltünteti, hogy milyen mélységben volt már túl magas a tömörödöttség. A legfelső réteg mindenütt mérhető volt. Kiugróan magas azonban a Longboat szigeten a második rétegben, 15–30 cm kapott méréshatáron túli értékek aránya, ami arra utal, hogy a feltöltés következtében már a homok felső rétegei is sokkal tömörödtebbek. A természetes partszakaszon a fészkek nagy többségénél csak a legalsó rétegben, 30 cm-nél mélyebben volt maximális a mért érték. Meg kell azonban jegyezni, hogy ezen a parton a kagylós-homokos szerkezet volt a jellemző, így a mélyebb rétegekben akadályt jelentő kagylódarabok befolyásolhatták a mérés eredményét.

A kelés sikerességét befolyásoló másik feltételezett ok a fészkek dagályszinttől mért távolsága volt. A 2. táblázat tartalmazza a dagályszinttől mért átlagos távolságokat. Az átlagértékek a két terület között különbséget mutatnak (LK: 12,66 ( $\pm$ 14,78) m; SK: 8,59 ( $\pm$ 3,84) m), ami azt sugallja, hogy a feltöltött partszakaszon a teknősök messzebbre húzódtak a víztől, azonban a szórások magas értéket mutattak és szignifikáns különbséget nem tudunk kimutatni.

A fenti adatokból valószínűsíthető, hogy a két területen a tömörödöttség értékeiben megmutatkozó különbségek egyértelműen, valamint a fészkek víztől mért távolsága valószínűsíthetően befolyással van a fészkelés sikerességére. Annak érdekében, hogy az egyes

mért paraméterek további kapcsolatait is feltárjuk, értékeltük a fészkek méreteinek adatait, valamint a tojásszámot, a kelési siker mutatóit is.

A fészkek kamra méreteiből számított fészektérfogat (2. táblázat) a természetes partszakaszon volt magasabb (SK:  $16,37 \text{ dm}^3$  a és LK:  $10,61 \text{ dm}^3$ ). A Mann-Whitney U-teszt segítségével szignifikáns különbséget ( $p < 0,001$ ) mutattunk ki. A fészektérfogat változásait egy adott területen belül vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a tömörödöttség növekedésével kissé csökken a fészektérfogat.



**2. ábra.** A tengerparti homok tömörödöttsége mérhetőségének alakulása a két területen, három mélységi rétegben. A vonalkázott és a fekete kitöltésű részek azt mutatják, hogy az adott rétegben (és alatta) a tömörödöttség olyan magas értékű volt, hogy a műszer mérési határán kívül esett.

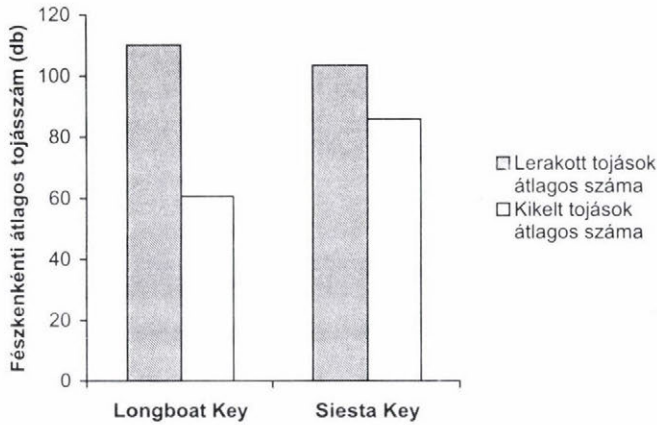
**Figure 2.** Comparing the rate of measurable compactness values and measurements over the maximum limit at different depths at the two study areas. The shaded areas show that the shearing resistance of this layer and below was so high that it was over the measuring ability of the instrument.

A fészkekben talált átlagos tojásszám a Longboat-szigeten 110,1 db, a Siesta-szigeten 103,4 db volt (2. táblázat). A két terület között szignifikáns eltérést tapasztaltunk ( $p < 0,05$ ) és megállapítottuk, hogy a magasabb tömörödöttség következtében csökkent a tojásszám.

Különbséget találtunk a kikelt tojások összes tojásszámához viszonyított arányában (3. ábra). A feltöltött parton 55 %, míg a természetes partszakaszon ennél jóval magasabb 82,9 % volt a kelési százalék, a két partszakasz szignifikánsan elkülönült egymástól ( $p < 0,001$ ). Adott területen belül nagyobb tömörödöttség következtében csökkent a kikelt tojások aránya.

A fentiekből következik, hogy a két terület a ki nem kelt tojások arányában is elkülönült egymástól (LK: 45% és SK: 17%). Ha az egyes fészkeknél mérhető tömörödöttségi értékeket és a ki nem kelt tojások százalékát vetjük össze, akkor megállapíthatjuk, hogy a tömörödöttség növekedésével enyhe növekedés tapasztalható, míg ismét látható a két terület szembetűnő elkülönülése. A feltöltött parton a szórásérték is nagyobb volt.

Az elvégzett korrelációs számítások azt mutatták, hogy a koefficiens minden esetben magasabb volt a feltöltött Longboat partszakaszon, tehát a tömörödöttség itt erősebb befolyásoló tényező volt. Itt utalnánk vissza arra a tényre, hogy a természetes Siesta partszakaszon a tömörödöttség hatása inkább csak a 30 cm-nél mélyebb talajrétegekben érvényesül. Ez magyarázatot adhat arra is, hogy a fészkek kelési tényezőit, nem olyan nagy mértékben befolyásolja, hiszen azok átlagos mélysége 34,28 cm volt.



3. ábra. A kikelt tojások számának alakulása a két területen.

Figure 3. Number of hatched eggs/nest compared to the total number of eggs/nest at the two study sites.

A vizsgált paramétereket (tojások száma, fészektérfogat és a fészkek víztől való távolsága, kelési siker – kikelt és ki nem kelt tojások százaléka – és a mért tömörödöttség) a sokváltozós módszerek egyikével, nem metrikus sokdimenziós skálázás segítségével is értékeltük. E módszerrel egyszerre lehet valamennyi paraméter együttes egymásra hatását elemezni. A 4. ábrán jól látható, hogy a mesterségesen feltöltött part jelfelhője jól elkülönül a természetes part adatait mutató jelfelhőtől, az átfedés csak kis mértékű.

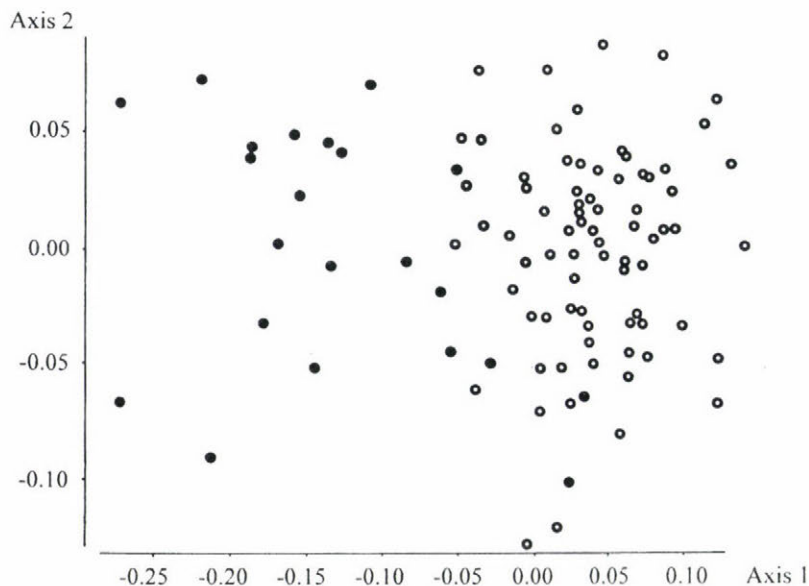
## Értékelés

Az azonos hosszúságú, de eltérő tulajdonságú partszakaszokon jelentős különbséget tapasztaltunk a fészkekrakási próbálkozások számában. A természetes partszakaszon a nőstények háromszor gyakrabban kísérelték meg lerakni a tojásaikat, mint a feltöltött területen, tehát a természeteshez közeli állapotokat előnyben részesítették.

A sikeres fészkekrakások gyakorisága a természetes partszakaszon még jobban eltér (3,7-szeres) a feltöltött területen mért értékektől. A „meddő nyomok” aránya jóval magasabb volt a feltöltött területen. Ez arra utal, hogy bár a feltöltött területen más zavaró tényezők is szerepet kaphatnak, mégis a tömörödöttség megnövekedése maradt a fő befolyásoló tényező.



A tömörödöttség átlagértékei szignifikáns eltérést mutattak a két területen. A feltöltött területen a homok átlagos tömörödöttsége több mint kétszerese volt a természetes parton mérhető értékeknek. Tehát a tengerpart feltöltése után a megváltozott összetételű homok következtében és a gépek tömörítő hatására megnőtt a terület talajának a tömörödöttsége. Az itt tapasztalható magasabb arányú méréshatáron kívül eső tömörödöttségi értékek is azt igazolták, hogy már a homok felsőbb rétegei is sokkal tömöttebbek.



**4. ábra.** A vizsgált paraméterek (tojásszám, fészektérfogat, fészkek távolsága a dagályszinttől, a kelési arány, homok tömörödöttsége) összefüggései a két területen a SYNTAX program NMDS módszere segítségével. (a ○ jel a természetes partszakaszú Siesta Key, a ● jel a feltöltött partszakaszú Longboat Key adatait mutatja).

**Figure 4.** The connections of environmental parameters at the two study area by SYNTAX program, NMDS method. (○ symbol shows the data of the natural Siesta Key, ● symbol shows the data of the reconstructed beach, Longboat Key).

Annak magyarázata, hogy a feltöltött parton a fészkek a dagályszinttől távolabb estek, az lehet, hogy a partszél ezen a területen jobban terhelt volt, napközben jelentős a turisták taposása. Ezen kívül a feltöltés során egy szélesebb partot alakítottak ki, míg a természetes parton a vegetáció, házak stb. hamar útját állja a teknősöknek.

A Longboat tengerparton megfigyelhető alacsonyabb átlagos fészektérfogatért elsősorban a partfeltöltés és az emiatt megnőtt homok tömörödöttség a felelős. Ez a hatás főleg a mélyebb rétegekben érvényesül, ott, ahol a nőstény a fészekkamrát kialakítja. Az erősebben tömődött rétegek általában nem akadályozzák meg teljesen a fészekrakást, csak megne-

hezítik a tojáscsatorna és a kamra kiásását, ami az átlagos fészektérfogat csökkenéséhez vezet. Ennek következtében a lerakott tojások száma is csökken.

A magas szórásértékek ellenére is jól látható, hogy a tengerpart feltöltése negatívan hatott az embrionális fejlődés folyamatára. A korábbi vizsgálatok szerint a feltöltés kedvezőtlenül hatott a homok hőmérsékletére és nedvességtartalmára. A mi vizsgálataink is ezt támasztják alá, a megnövekedett tömörödöttség következtében magasabb lett a ki nem kelt tojások aránya.

Az NMDS módszerrel a két terület jól elkülöníthető volt egymástól, azaz a két területen mért paraméterek kapcsolata és az ezt jelző pontfelhők a két területet különválasztották. Ez azt jelenti, hogy több tényező együttes hatása befolyásolja az álcserapesteknősök szaporodási sikerét és ezek alapján a két terület egymástól jól elkülöníthető.

Megállapítható, hogy a feltöltés kedvezőtlenül hatott az álcserapesteknősök szaporodási sikerére. Bár lehetőséget biztosít a fészkelésre, de újabb problémákat vethet fel. Jelentősen megnő a sikertelen próbálkozások aránya, a nőtények gyakran visszafordulnak és ott-hagyják a partot. A feltöltött területen átlagosan alacsonyabb lesz a kelési százalék.

Eredményeink a faj fészkelési sajátosságainak megismerésén túl támpontot adnak az emberi beavatkozások hatásainak felméréséhez, valamint a tengerpart feltöltési munkálatainak engedélyezéséhez szükséges homoktömörödöttségi értékek pontosításához.

**Köszönetnyilvánítás.** Köszönjük ANDREA DAVISNEK, hogy lehetőséget adott ERDEY MERCEDESNEK a Mote Marine Laboratory munkájába való bekapcsolódásra. Köszönet illeti mindazon aktivistákat, akik résztvettek a rendszeres felmérésekben. Az adatok számítógépes feldolgozásához a Mote Marine Laboratory részéről JAY SPRINKLES, a Szent István Egyetem Állattani és Ökológiai Tanszékéről BAKONYI GÁBOR és FÁBIÁN MIKLÓS adott nélkülözhetetlen segítséget. A tengerpartfeltöltési munkákról CLIFFORD TRUITT adott fontos információkat.

## Irodalom

- BALAZS G. H. (1996): Behavioral changes within the recovering hawaiian green turtle population. – Proceeding of the 15<sup>th</sup> annual symposium on sea turtle biology and conservation. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo NMFS-SEFSC – 387: 16-21.
- BJORNDAL K. A., MEYLAN A. B. & TURNER F. J. (1983): Sea Turtles Nesting at Melbourne Beach, Florida; I: Size, Growth and Reproductive Biology. – *Biological Conservation* 26: 65–77.
- CORBETT, K. F. (1989): Conservation of European reptiles and amphibians. Christopher Helm, London., pp. 274.
- CRAIN D. A., BOLTEN A. B. & BJORNDAL K. A. (1995): Effects of beach nourishment on sea turtles: Review and research initiatives. – *Restoration Ecology* 3(2): 95–104.
- DAVIS R. A. JR., FITZGERALD M. V. & TERRY J. (1999): Turtle nesting on adjacent nourished beaches with different construction styles: Pinellas County, Florida. – *Journal of Coastal Research*. 15(1): 111–120.
- DE RUIJ J. H. M. (1998): Seaward coastal defence: Limitations and possibilities. – *Journal of Coastal Conservation*. 4(1): 71–78.



- EHRHART L. M. (1979): Patterns of Sea Turtle Mortality on the East-Central Florida Coast, 1977–78. – Florida Science 41: 26.
- FLETEMEYER J. (1983): Sea Turtle Monitoring Project. – Report to Broward County Environmental Quality Control Board, Broward County, Florida.
- FOOTE J. & SPRINKEL J. (1994): Beach Compactness as a Factor Affecting Turtle Nesting on the West Coast of Florida. – Proceedings of the 14<sup>th</sup> annual symposium on sea turtle biology and conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC 351, pp. 217–220.
- FOOTE J., TRUITT C., & HODGIN D. A. (1993): Beach Compactness Regulatory Criteria for Nesting Sea Turtles on the Southwest Florida Shoreline. The state of the art of beach nourishment. – Proceedings of the 6<sup>th</sup> annual national conference on beach preservation technology, pp. 325–339.
- GRANT G. S. & BEASLEY J. (1995): Nest Site Selection by Loggerhead Turtles on Topsail Island, North Carolina. – Proceedings of the 15<sup>th</sup> annual symposium on sea turtle biology and conservation, pp. 109–111.
- HADJICHRISTOPHOROU M. & DEMETROPOULOS A. (1993): Turtles and Turtle Conservation in Cyprus. – T-PVS 34: 27–29.
- HEPPELL S. S., LIMPUS C. J., CROUSE D. T., FRAZER N. B. & CROWDER L. B. (1996): Population Model Analysis for the Loggerhead Sea Turtle, *Caretta caretta*, in Queensland. – Wildlife Research 23: 143–159.
- HOPKINS S. R. & RICHARDSON J. I. (1984): Recovery Plan for Marine Turtles. – US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Association, National Marine Fisheries Service, St. Petersburg, Florida.
- MILTON S. L., SCHULMAN A. A. & LUTZ P. L. (1997): The effect of beach nourishment with aragonite versus silicate sand on beach temperature and loggerhead sea turtle nesting success. – Journal of Coastal Research. 13(3): 904–915.
- MORTIMER J. A. (1981): Factors Influencing Beach Selection by Nesting Sea Turtles. – In: BJORNDALE K. A. (ed.). Biology and conservation of sea turtles, pp. 45–51.
- NELSON D. A., MAUCK K. & FLETEMEYER J. (1987): Physical Effects of Beach Nourishment on Sea Turtle Nesting, Delray Beach, Florida. – Technical report EL-87-15, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., p. 56
- PARKINSON R. W., WHITE J. & PEREZ-BEDMAR M. (1994): Effects of Beach Nourishment on Compaction, Grain-size, Moisture and Temperature: Sebastian Inlet. – Proceedings of the 14<sup>th</sup> annual symposium on sea turtle biology and conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC – 351: 112–114.
- PODANI J. (1994): Multivariate data analysis in ecology and systematics: a methodological guide to the SYN-TAX 5.0 package. – SPB Academic Publishing, pp. 1–316.
- SCHULMAN A. A., MILTON S. L. & LUTZ P. L. (1994): Aragonite Sand as a Nesting Substrate and its Effect on *Caretta caretta* Nests. – Proceedings of the 14<sup>th</sup> annual symposium on sea turtle biology and conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC – 351: 134.
- VAN METER V. B. (1992): Florida's Sea Turtles, written for Florida Power and Light Company, pp. 1–23.
- VENIZELOS L. E. (1993): Medasset's Marine Turtle Research Projects in Six Mediterranean areas: results, recommendations for Conservation and Recovery. – T-PVS 34: 34–37.
- VERHAGEN H. J. (1996): Analysis of beach nourishment schemes. – Journal of Coastal Research. 12(1): 179–185.

## The effect of beach nourishment on the nesting success of loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*

MERCEDES ERDEY, ISTVÁN KISS & JERRIS FOOTE

The declining sea turtle populations called attention to the need to protect not only the species but also the environment they live in including the nesting beaches. In our research we looked to answer the question how beach restoration affects reproduction success and what the connections are between the influencing factors? At the same area a natural and a nourished beach section were chosen for the research. The data analysis shows that the two areas can be well distinguished according to the connections of the factors studied. Comparing the amount of all the nesting attempts and successful nesting at the two zones shows 345 nesting attempts (244 successful) on the natural Siesta Key and 115 nesting (66 successful) on the shores of Longboat Key. The average compactness values showed significant difference between the two sites. At the restored area the average compactness (226.61 CIU) was more than twice of the compactness value at the natural beach (560.18 CIU). The higher beach compactness created an altered nesting environment for egg laying indicated by smaller nest volumes. There was a significant difference in hatching success between the two areas, 55 % at the nourished area and 82.9 % at the natural beach.

# Az üledéklakó árvaszúnyog (Diptera, Chironomidae) fauna területi megoszlása és rövid távú változásai a Balatonban 1995 és 1998 között

SPECZIÁR ANDRÁS és BÍRÓ PÉTER

MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, 8237 Tihany, Fürdőtelepi u. 3., E-mail: speci@tres.blki.hu

**Összefoglalás.** Jelen tanulmányunkban a Balaton üledéklakó árvaszúnyog faunájának területi megoszlására és rövid távú változásaira vonatkozó eredményeinket foglaltuk össze. Az árvaszúnyog fauna területi megoszlását az öt hagyományos keresztaszvénnyel, míg a rövid távú változásokat Tihanynál és Keszthelynél vizsgáltuk, 1995–98 folyamán. Az üledék árvaszúnyog faunájában a leggyakoribb fajok a *Chironomus balatonicus*, a *Procladius choreus*, a *Tanytus punctipennis*, a *Microchironomus tener* és a *Cladotanytarsus mancus* voltak. Az árvaszúnyog lárvák faji megoszlása, biomasszája és produkciója jelentős területi és rövid távú különbségeket mutatott. Az M és K (1996–97-ben) szelvényekben jóval nagyobb biomasszát és produkciót találtunk, mint a többi szelvényben. Az eredményeket összevetve más vízterületekkel, a Balaton 1997. és 1998. évi átlagos árvaszúnyog lárvatermelése (13,7 és 10,4 g/m<sup>2</sup>/év) nagyon alacsonynak számít. Az átlagos árvaszúnyog lárvatermelés 90%-át 1997–98-ban a *Ch. balatonicus* (5,13 és 1,71 g/m<sup>2</sup>/év), a *P. choreus* (3,47 és 3,54 g/m<sup>2</sup>/év) és a *T. punctipennis* (2,94 és 3,67 g/m<sup>2</sup>/év) képezte.

**Kulcsszavak:** Chironomidae, biomassza, életsiklus, produkció, Balaton.

## Bevezetés

Az árvaszúnyog lárvák (Chironomidae) az üledék szerves törmelék hasznosítása révén fontos szerepet töltenek be a tavi anyagforgalomban. Meghatározó táplálékforrásként szolgálnak a halfajok jelentős része számára. Fontos az árvaszúnyogok szerepe a vizek természetes tisztulásában is, mivel kirajzásuk során jelentős mennyiségű szerves anyag távozik el a vízből.

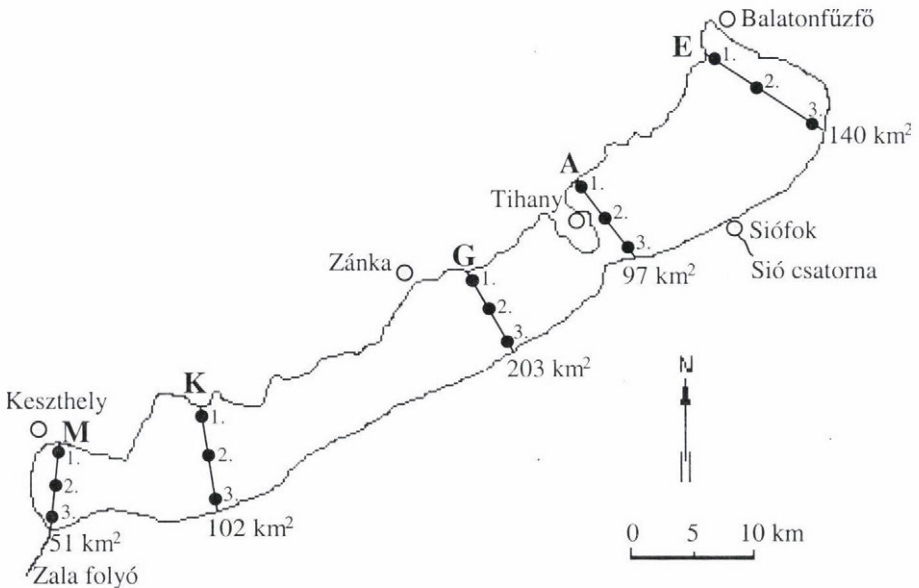
A Balaton üledéklakó árvaszúnyog faunájának kutatása hosszabb-rövidebb szünetekkel már a század eleje óta folyik. Az eddigi kutatások eredményeire itt most nem térünk ki, azok precíz áttekintése BERCIK & NOSEK (1997) munkájában megtalálható.

Az 1995. óta folyamatos, monitor jellegű kutatások célja a Balaton üledéklakó árvaszúnyog faunájának területi-időbeni eloszlásának megismerése, változásainak nyomon követése, illetve a törvényszerűségek feltárása. A vizsgálat tervezésénél alapvető cél volt, hogy az illeszkedjen a már évtizedek óta folyamatos fitoplankton és zooplankton vizsgálatok mintavételi helyeihez (M, K, G, A, E szelvények évszakosan és A2, M2 pontok folyamatosan). Jelen dolgozatunkban a biomonitorezási program első négy évének eredményeit foglaltuk össze.

## Módszerek

A gyűjtéseket az 1995. februárjától 1998. novemberéig terjedő időszakban végeztük. Rendszeres vizsgálatokat az A2 ponton, heti-havi gyakorisággal és az M2 ponton 1996. júniusától kétheti-havi gyakorisággal végeztünk. A területi különbségek feltérképezéséhez az öt hagyományos balatoni keresztoszelvénnyel 3–3 pontja mentén végeztünk gyűjtéseket (1. ábra), 1996-ban kétszer (június és augusztus), míg 1997-ben és 1998-ban négy-négy alkalommal (április, június, augusztus és október).

Minden mintavétel alkalmával három párhuzamos mintát gyűjtöttünk az intézetünkben kifejlesztett csőmintavevővel. Az 1995–96-ban használt mintavevő belső átmérője 89 mm (két szűrő összege képezett egy mintát; mintafelület=124,42 cm<sup>2</sup>), míg az 1997-től alkalmazotté 118,25 mm (egy szűrő – egy minta; mintafelület=109,82 cm<sup>2</sup>). A mintákat a helyszínen 0,25 mm szembőségű szitán átmostuk, hűtőtáskában a laborba szállítottuk és még aznap cukros flotálással (ANDERSON 1959) elválasztottuk belőlük az árvírszúnyog lárvákat, amelyeket ezután 3,5 %-os formalin oldatban tartósítottunk.



**1. ábra.** A Balaton öt „klasszikus” keresztoszelve (SEBESTYÉN (1960) után módosítva). A mintavételi pontok a parttól 500 m-re és tőközépen voltak. Feltüntetettük az egyes keresztoszelvekhez rendelhető területeket is, amelyeket a teljes tóra vonatkozó számolásoknál vettünk figyelembe. (M: Gyenesdiás-Zala torkolat; K: Szigliget-Balatonmária felső; G: Akali-Szárszó és Balatonszemes között;

A: Balatonfüred, Fenékfürdő-Zamárdi alsó; E: Balatonalmádi-Balatonvilágos).

**Figure 1.** Traditional sampling transects in Lake Balaton (modified after SEBESTYÉN (1960)). Sampling points are at 500 m distance from the shoreline and in the middle of the transects. (M: Gyenesdiás-mouth of Zala River; K: Szigliget-Balatonmária felső; G: between Akali-Szárszó and Balatonszemes; A: Balatonfüred, Fenékfürdő-Zamárdi alsó;

E: Balatonalmádi-Balatonvilágos).

Az árvaszúnyog lárvákat BÍRÓ (1981), FITTKAU & ROBACK (1983), KIKNADZE et al. (1991), PANKRATOVA (1970, 1977) és PINDER & REISS (1983), míg a tömeges rajzások alkalmával gyűjtött imágókat PINDER (1978) munkája alapján faji, illetve genusz szintig határoztuk. A fajok nevét ASHE & CRANSTON (1990) katalógusa szerint adtuk meg. Az árvaszúnyog lárvák fejlődési stádiumait a fejkapszula szélessége alapján határoztuk meg. Megmértük a lárvák testhosszát, 0,1 mm és nedves tömegét, 0,1 mg pontossággal.

Az A2 és M2 pontokon gyűjtött *Chironomus balatonicus* produkcióját ALLEN (1971) módszerével, a túlélési görbe alapján becsültük. Az egyes kohortok szétválasztásának nehézsége miatt a *Procladius choreus* produkcióját az A2 és M2 pontokon és a *Tanytus punctipennis* produkcióját az A2 ponton a méreteloszlás módszerével (size-frequency method) (HAMILTON 1969, BENKE 1984) becsültük, ahogy azt MORIN et al. (1987) és BENKE (1993) is ajánlották. A *Ch. balatonicus*, a *P. choreus* és a *T. punctipennis* produkcióját a többi területére az A2 és az M2 pontokon kapott P/B értékek alapján becsültük. A G, az A és az E szelvényeknél az A2, míg az M és a K szelvényeknél az M2 pontra kapott P/B értékeket vettük figyelembe. A *T. punctipennis* kis egyedszáma nem tette lehetővé a produkció közvetlen becslését az M2 ponton, így az A2 pontra kapott P/B értéket alkalmaztuk minden mintavételi pontra. A többi árvaszúnyog lárvá produkcióját a kis egyedszám miatt PLANTE & DOWNING (1990) általános tavi modellje alapján fajonként becsültük. A dolgozatban szereplő produkció becslések során figyelembe vettük a *T. punctipennis* életciklusára vonatkozó legújabb eredményeinket (SPECZIÁR 2000), így az itt közölt produkció adatok esetenként kisebb eltérést mutatnak néhány előző közleményünkben bemutatott eredményekhez képest (SPECZIÁR & BÍRÓ 1998, 1999a,b).

A Balatonra vonatkozó becsléseknél az egyes szelvényekhez hozzárendelhető területek arányával súlyoztunk.

## Eredmények és értékelés

### *Az árvaszúnyog lárvák faji megoszlása és mennyisége az üledékben*

Az 1995. és 1998. közötti időszak alatt összesen tizenhármas árvaszúnyog lárvá taxont azonosítottunk a Balaton üledékéből. A talált taxonok nagyrészt a Chironomini taxonhoz tartoztak és mindösszesen két-két Tanytarsini és Tanytodinae taxonba tartozó faj került elő (1. táblázat).

A Balaton bentikus árvaszúnyog faunája mind térben, mind időben eltérő dominancia viszonyokat és ezzel összefüggésben, eltérő mennyiséget mutatott.

Az A2 ponton az árvaszúnyog faunát 1995-ben a *Ch. balatonicus* uralta, magas biomasszát alkotva. Kisérő fajok a *P. choreus*, a *Microchironomus tener*, a *Cladotanytarsus mancus*, a *Cryptochironomus defectus* és a *Polypedilum nubeculosum* voltak. 1995. második felétől a dominancia viszonyok erőteljes átrendeződése volt tapasztalható és a faunát a vizsgálat további ideje alatt (1998. végéig) a *P. choreus* – *T. punctipennis* – *M. tener* együttes uralta, nagyon alacsony biotomassza mellett (2. ábra).

Az M2 ponton 1996–98. időszakban a *Ch. balatonicus* – *P. choreus* együttes volt jellemző, alacsony, ingadozó, de az A2 ponthoz képest 2–4-szeres biomassza mellett. Kísérő fajok a *T. punctipennis* és a *M. tener* voltak.

Az árvaszúnyog lárváinak biomassza mind az A2, mind az M2 ponton tavaszi és késő őszi maximumot mutatott.

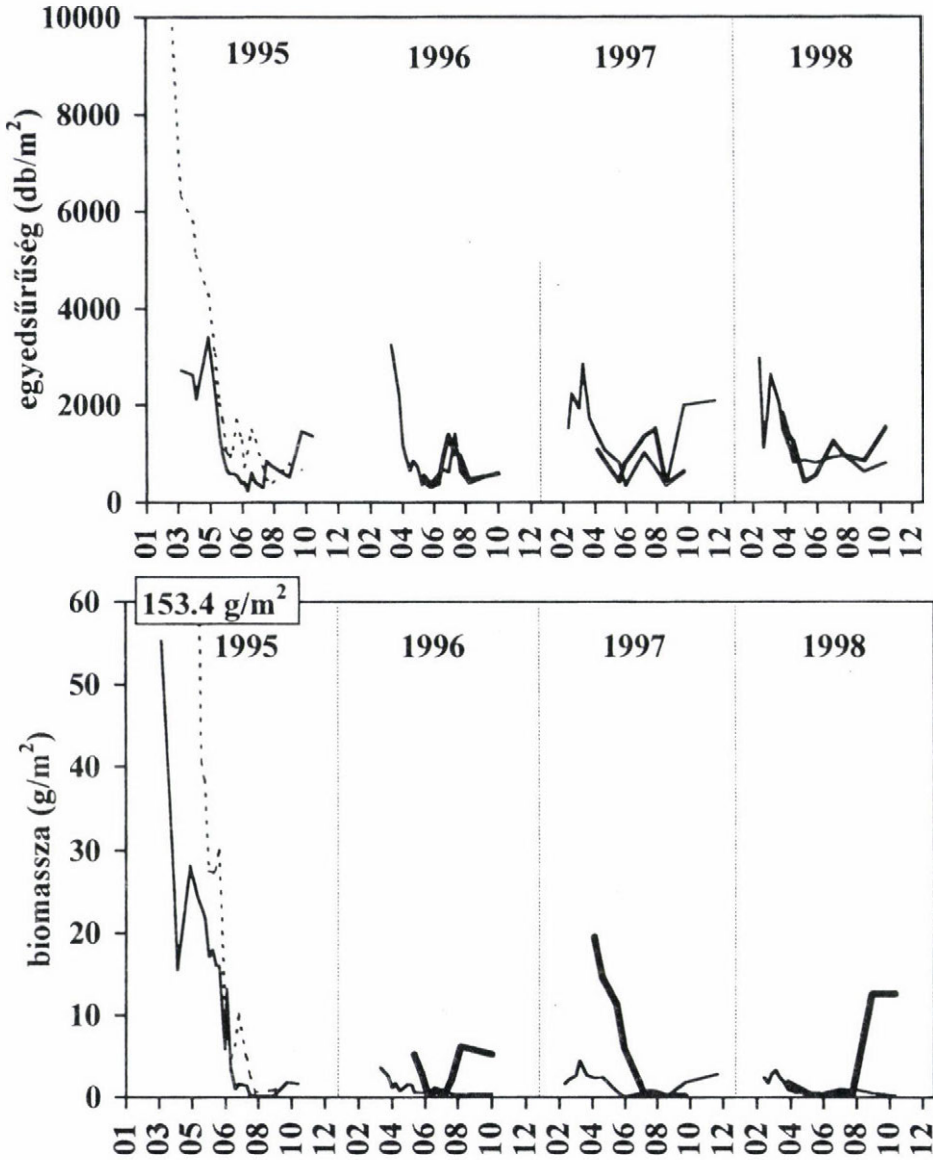
**1. táblázat.** A Balaton üledékében 1995–98-ban talált árvaszúnyog taxonok. (Az A2 és M2 pontok gyakrabban vizsgáltak!).

**Table 1.** Chironomid taxa found in the sediment of Lake Balaton during 1995–98. (Sampling points A2 and M2 were investigated more frequently!).

Taxon	Keresztszelvények				
	M	K	G	A	E
<b>TANYPODINAE</b>					
<i>Procladius choreus</i> (Meigen)	+	+	+	+	+
<i>Tanytus punctipennis</i> Meigen	+	+	+	+	+
<b>CHIRONOMINAE, CHIRONOMINI</b>					
<i>Chironomus lugubris</i> Zetterstedt				+	
<i>Chironomus balatonicus</i> Dévai, Wülker et Scholl	+	+	+	+	+
<i>Chironomus salinarius</i> Kieffer	+				
<i>Chironomus</i> spp.	+			+	
<i>Cladopelma virescens</i> (Meigen)				+	
<i>Cladopelma viridula</i> (Linnaeus)				+	
<i>Cryptochironomus defectus</i> (Kieffer)	+	+	+	+	+
<i>Cryptochironomus</i> spp.		+			+
<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeger)	+			+	
<i>Harnischia</i> sp.	+				+
<i>Microchironomus tener</i> (Kieffer)	+	+	+	+	+
<i>Parachironomus</i> sp.				+	
<i>Polypedilum convictum</i> (Walker)			+	+	
<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen)	+	+	+	+	+
<b>CHIRONOMINAE, TANYTARSINI</b>					
<i>Cladotanytarsus mancus</i> (Walker)	+	+	+	+	+
<i>Tanytarsus gregarius</i> Kieffer				+	

A területi különbségeket tekintve az M szelvényben a *Ch. balatonicus* és a *P. choreus* (kísérő fajok: *T. punctipennis* és a *M. tener*), a K szelvényben 1996–97-ben a *Ch. balatonicus* – *P. choreus* – *M. tener*, míg 1998-ban a G, az A és az E szelvényekhez hasonlóan a *P. choreus* – *T. punctipennis* – *M. tener* együttes volt az uralkodó. Az E szelvényben 1997-ben a *T. punctipennis* biomasszája meghaladta a *P. choreus* mennyiségét.

A fauna összetételében mutatkozó különbségek a biomasszára is jelentősen kihatottak.



2. ábra. Az árvaszúnyog lárvák egyedsűrűségének és biomasszájának változásai Tihanynál (A2: vékony vonal, Kis-öböl: vékony szaggatott vonal) és Keszthelynél (M2: vastag vonal) 1995. és 1998. között.

Figure 2. Seasonal changes of the chironomid abundance and biomass at Tihany (A2: thin continuous line, "Kis-öböl": thin dotted line) and at Keszthely (M2: fat line) between 1995 and 1998.

Az M szelvényben az átlagos biomassa 5–6-szorosa ( $5,3\text{--}12,8\text{ g/m}^2$ ) volt a G, az A és az E szelvényekhez képest ( $0,9\text{--}1,9\text{ g/m}^2$ ). A K szelvényben 1996–97-ben az átlagos biomassa mintegy háromszorosa, míg 1998-ban alig fele volt a G, az A és az E szelvényben tapasztaltakhoz képest (3. ábra).

Az 1996–98-ban, a hossz tengely mentén megfigyelt eloszláshoz hasonló állapotokat talált 1973-ban és 1976-ban PONYI et al. (1983), 1977-ben TÁTRAI (1980), 1978-ban DÉVAI & MOLDOVÁN (1983) és 1991-ben PERÉNYI et al. (1993). Ezzel szemben DÉVAI (1990) 1982 őszén – 1983 első felében teljesen kiegyenlítődött, nagyon magas biomassa értékeket regisztrált a tó teljes területéről.

Adatainkat LINDEGAARD (1989) összefoglaló listájával összevetve megállapíthatjuk, hogy a Balaton üledékében az árvaszúnyog lárvák biomasszája 1996 és 1998 között nagyon alacsony volt.

Az egyes szelvények mintái között (1.–3. pontok) az árvaszúnyog faunában nem találtunk számottevő különbségeket. Itt jegyezzük meg, hogy a déli parthoz közeli minták (3. pontok) kivétel nélkül a homokpadon túl, az iszapos aljzatról származtak.

### A gyakoribb árvaszúnyogok lárvastádiumainak elkülönítése

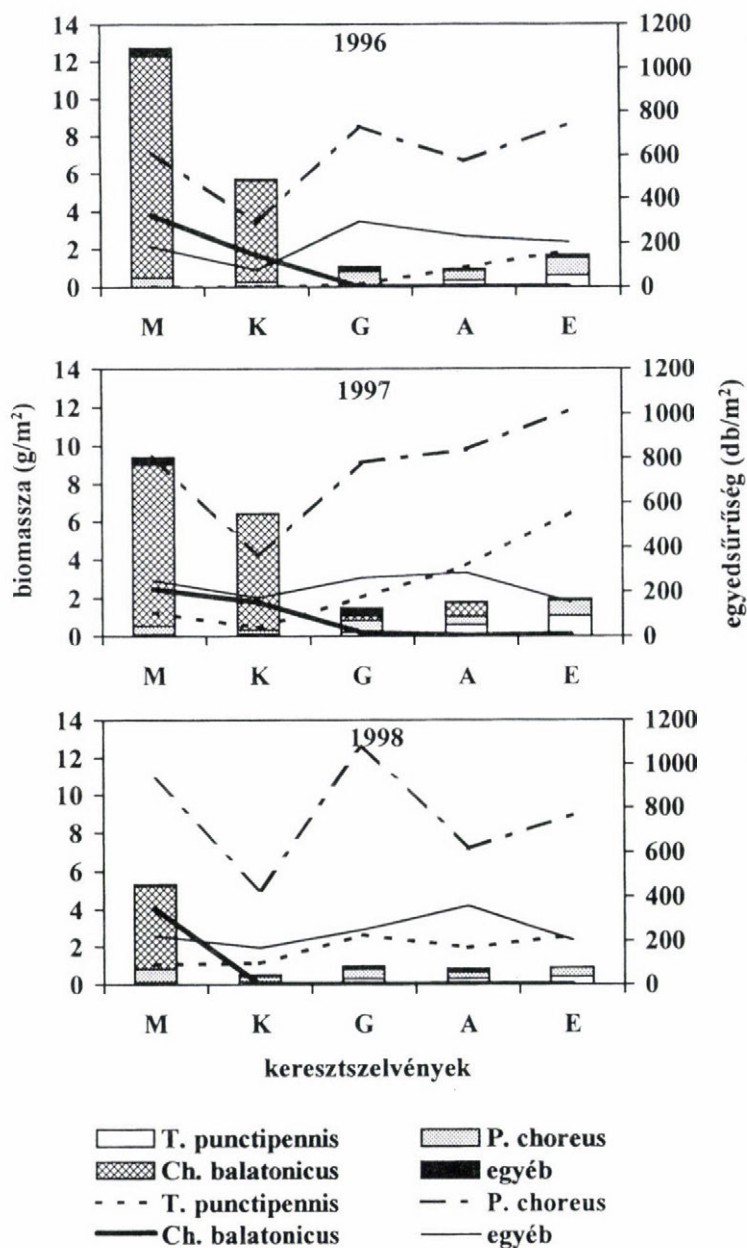
A *P. choreus*, a *T. punctipennis* és a *Ch. balatonicus* lárvastádiumai a fejkapszula szélessége alapján jól, átfedés nélkül elkülönültek (2. táblázat).

**2. táblázat.** Három tömeges balatoni árvaszúnyog faj egyes lárvastádiumainak fejkapszula szélesség (HCW) és testhossz (L) intervallumai. A kiugró értékeket zárójelben adtuk meg. (n=a vizsgált egyedek száma).

**Table 2.** Head capsule width (HCW) and body length (L) ranges for the three most common chironomid species by larval stages. Outstanding values are indicated in parenthesis. (n=sample size).

	HCW ( $\mu\text{m}$ )	L (mm)	n
<i>Procladius choreus</i>			
II. lárvastádium	(116) 136–171	1,3–3,1 (3,8)	63
III. lárvastádium	217–326	1,6–5,2 (6,2)	227
IV. lárvastádium	395–543	(2,8) 3,8–9,2	425
<i>Tanypus punctipennis</i>			
II. lárvastádium	132–171	1,8–2,9	9
III. lárvastádium	233–295 (318)	(1,8) 2,6–4,8	29
IV. lárvastádium	411–496 (550)	(3,5) 4,5–10,7	62
<i>Chironomus balatonicus</i>			
III. lárvastádium	295–424	(4,5) 5,5–9,0 (10,0)	31
IV. lárvastádium	606–788	(8,5) 10,5–25,5	105





3. ábra. Az árvaszúnyog lárvák átlagos biotasszája (oszlop) és egyedsűrűsége (vonal) a Balaton keresztsszelvényeiben 1996. és 1998. között.

Figure 3. Mean biomass (columns) and abundance (line) of chironomids at transects of Lake Balaton between 1996 and 1998.

## A gyakoribb árvaszúnyog lárvák életciklusa

### *Procladius choreus*

A *P. choreus* populációinak állománymérete jellegzetes éves ritmust mutatott. A legmagasabb egyedszámokat kora tavasszal mértük ( $1000\text{--}2500\text{ db/m}^2$ ), míg nyár elején és kora ősszel az alacsony egyedszámok voltak jellemzőek ( $0\text{--}400\text{ db/m}^2$ ). Július-augusztus elején szintén nagyobb lárvá-populáció volt jelen (4.A. ábra). Itt jegyezzük meg, hogy a fajnak csak a 3.–4. stádiumú lárváit tudtuk jól gyűjteni, mert a 2. stádiumú egyedek jelentős hányada kis testméretük folytán az alkalmazott  $0,25\text{ mm}$ -es szítán jelentős hányada átmosódott, míg az 1. stádiumú lárvák planktonikus életmódúak.

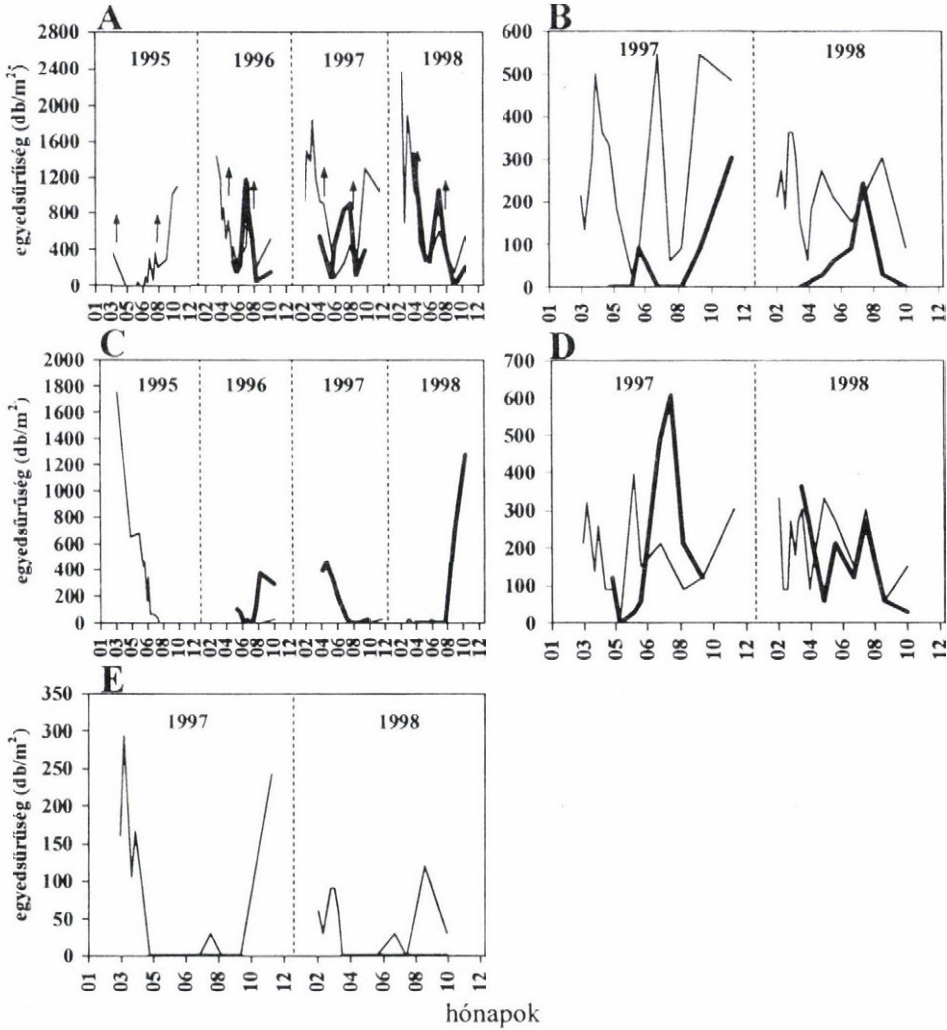
A lárváállomány összetételének nyomon követésével mind az A2, mind az M2 ponton két generáció kifejlődésére lehet következtetni. Ezt a megállapítást támasztja alá az is, hogy a *P. choreus*-nak a Balatonban két rajzási periódusa van. A tavaszi rajzás hosszabban elnyúló (május közepe-június közepe), míg a nyári (augusztus eleji) szinkronizáltabb, gyorsabb lefutású. A *P. choreus* kora tavaszi lárváállományának korösszetétele több (valószínűleg kettő), párhuzamosan fejlődő (időben eltolt) kohort fejlődését valószínűsíti. Az egyes kohortok pontos szétválasztása azonban nehéz. A nyári hónapokban a kohort határok összeszemosódtak. Ha megvizsgáljuk a lárvá-populáció testhosszeloszlását, a fenti folyamaton túl az is kitűnik, hogy a tavaszi generáció egyedeinek mérete nagyobb, mint a nyárié. Az egyes generációk kirepülése az M2 ponton 7–14 nappal előbb következett be, mint az A2 ponton.

A *P. choreus* populáció dinamikájára vonatkozó megfigyeléseinkhez hasonlóan a Fertő-tóban a *T. punctipennis*-nek is évi két generációját és azon belül két téli kohortját sikerült elkülöníteni (WOLFRAM 1996). Szintén párhuzamosan fejlődő kohortok jelenlétére utal GOEDKOOP & JOHNSON (1996) megfigyelése, miszerint az Erken tóban a *P. choreus* tavaszi és kora nyári populációja két jól elkülönülő méretcsoportra oszlik. A *P. choreus* évi két generációja tipikusnak tekinthető (PANKRATOVA 1977), bár egy spanyol tóban, négy generációját is megfigyelték (PRAT & RIERADEVALL 1995). Megfigyeléseinkhez hasonlóan a *Procladius* két rajzási periódusát tapasztalta DÉVAI (1988) is.

### *Tanyus punctipennis*

A *T. punctipennis* jelenléte egész évben folyamatos, de egyedszáma illetve méret-eloszlása erősen változó volt (4.B. ábra). Évente 2–3 generáció kifejlődése volt megfigyelhető. A *T. punctipennis* tavaszi kirajzása már március végén, áprilisban elkezdődött és május elejére lényegében befejeződött. További rajzások június-július, valamint szeptember-október hónapokban voltak megfigyelhetőek. Az áttelelés nagyrészt 4., kisebb részt 3. lárvastádiumban történt.

A *T. punctipennis* egyes lárvastádiumainak fejkapszula szélesség adatai jó egyezést mutatnak OLÁH (1976) eredményeivel. OLÁH (1976) úgy vélte, hogy a *T. punctipennis*-nek a Balatonban évente legalább öt generációja van. DÉVAI (1988) viszont a *T. punctipennis*-nek csak évi két nagy rajzási periódusát figyelte meg, ami közel áll a mi megfigyeléseinkhez is.



4. ábra. A *Procladius choreus* (A), a *Tanypus punctipennis* (B), a *Chironomus balatonicus* (C), a *Microchironomus tener* (D) és a *Cladotanytarsus mancus* (E) egyedszám változásai Tihanyánál (A2: vékony vonal) és Keszthelynél (M2: vastag vonal).

Figure 4. Seasonal changes of *Procladius choreus* (A), *Tanypus punctipennis* (B), *Chironomus balatonicus* (C), *Microchironomus tener* (D) and *Cladotanytarsus mancus* (E) abundances at Tihany (A2: thin line) and Keszthely (M2: fat line).

#### *Chironomus balatonicus*

1995. tavaszán a *Ch. balatonicus* nagy egyedszámban volt jelen az A2 ponton (4.C. ábra). A rajzás többé kevésbé folyamatos volt április 20. és július 15. között, a tetőzés július 8.–9. környékén volt. Jelentősebb rajzási csúcs volt még május elején (május 1.–5.). A

hosszan tartó rajzást egy generáció hozta létre, amely jelentős szétnövést mutatott. 1995 júliusától 1998 végéig az A2 ponton több jelentős repülés nem volt tapasztalható.

1996–98-ban a *Ch. balatonicus* csak az M és a K (1996–97-ben) szelvényekben volt többé-kevésbé stabilan jelen, de mennyisége itt is jelentősen elmaradt az 1995. év elején mérttől (az átlagos egyedszám az M2 ponton 1996-ban 119, 1997-ben 167, míg 1998-ban 282 db/m<sup>2</sup>). A fajnak 1995. és 1998. között évente csak egy teljes generációja rajzott, május-júniusban. 1996-ban az új generáció szeptemberben jelent meg 455 db/m<sup>2</sup> maximális egyedszámban. 1997-ben az új generáció szintén összjel jelent meg az üledék mintákban, de maximális egyedszáma nem érte el még az 50 db/m<sup>2</sup>-t sem, ami 1998. tavaszára lényegében nullára csökkent. 1998. tavaszán, így az előző évekkel szemben lényegében nem volt kimutatható a *Ch. balatonicus* jelenléte az M2 ponton. Az 1998. szeptemberében megjelenő új generáció az előzővel szemben jelentős volt, mivel októberben már 1274 db/m<sup>2</sup> egyedsűrűséget mértünk. Néhány egyed már 1998. őszén kirajzott, de az állomány döntő része az előző évekhez hasonlóan nagyrészt 4. lárvastádiumban telelt át.

DÉVAI (1990) vizsgálatai alapján a *Ch. balatonicus* fajnak 1983-ban a Keszthelyi-menedencében négy nagy rajzási periódusa (április, július, augusztus és szeptember) volt. A generációk számára vonatkozóan DÉVAI azonban nem közölt adatokat. Megfigyeléseink alapján 1995–98-ban a *Ch. balatonicus* évi egy generációja két rajzási periódus (május és július eleje) során repült ki. DÉVAI (1993) a *Ch. balatonicus* lárvák laboratóriumi felnevelése során azt találta, hogy a teljes kifejlődéshez 20–22 °C-on mindössze 15–20 nap szükséges. DÉVAI (1990, 1993) terep megfigyelései és labor eredményei alapján, 1983-ban a *Ch. balatonicus*-nak biztos, hogy több mint évi egy generációja fejlődött ki (legalább 2–3), illetve, mint azt DÉVAI is megjegyzi, valószínű a párhuzamos kohortok jelenléte. Az előzőek alapján feltételezhető, hogy egyes, különösen kedvező években több generáció kifejlődése is lehetséges.

A hasonló klímaviszonyokkal rendelkező területeken, a *Ch. gr. plumosus*-nak leggyakrabban évi két generációja van (BORUTSKIJ 1963, KANGUR 1989, MATÉNA 1989, RUZICKOVÁ 1987, SZOKOLOVA 1983). Annak ellenére, hogy összevetve más területekkel (GRIGELIS 1989, KANGUR 1989, RUZICKOVÁ 1987, SZOKOLOVA 1983), a *Chironomus* biomasszája és produkciója 1996–98-ban a Balatonban csekély volt, az általunk talált, egy kohortra vonatkoztatott P/B arány hasonló volt más vizsgálatok során kapott eredményekhez (GRIGELIS 1989, PRAT & RIERADEVALI 1995, RUZICKOVA 1986, SZOKOLOVA 1983).

### *Microchironomus tener*

A *M. tener* jelenléte egész évben folyamatos volt, ingadozó lárvállomány mellett (4.D. ábra). A generációk pontos számát nem sikerült meghatározni. 1997-ben minimum kettő, 1998-ban minimum három generációja volt ennek a fajnak.

### *Cladotanytarsus mancus*

A *C. mancus* előfordulása döntően az ősztől tavaszig tartó időszakra korlátozódott (4.E. ábra). Emellett kisebb állományt figyeltünk meg még nyár közepén. A generációk számát e kisméretű fajnál sem tudtuk meghatározni.

### Az árvaszúnyog lárvák produkciója

1995-ben a teljes árvaszúnyog lárva produkció 90 %-át az A2 ponton a *Ch. balatonicus* képezte. A *Ch. balatonicus* produkciója 1996–98-ban ugyanitt elhanyagolható volt. 1996–98-ban a teljes árvaszúnyog lárva produkció az A2 ponton mindössze 18–27 %-a volt az 1995 évinek, és azt döntően a *P. choreus* és kisebb részt a *T. punctipennis* (1997–98-ban) fajok képezték.

Az A2 és M2 pontokon végzett, a fajok életeiklusán alapuló produkció becslések eredményét a 3. táblázatban foglaltuk össze. Ezen becslések során kapott P/B értékek alapján végeztük el a három főbb árvaszúnyog faj produkciójának tavi szintű számítását.

**3. táblázat.** A három leggyakoribb árvaszúnyog faj becsült P/B arányai a Balatonban, Tihanynál (A2) és Keszthelynél (M2). N = átlagos egyedszám, B = átlagos biomassa, P = produkció, SF = méreteloszlás módszere, Allen = Allen (1971) módszere.

**Table 3.** P/B ratios of the three most common chironomid species in Lake Balaton, at Tihany (A2) and Keszthely (M2). N = mean abundance, B = mean biomass, P = production, SF = size-frequency method, Allen = Allen (1971) method.

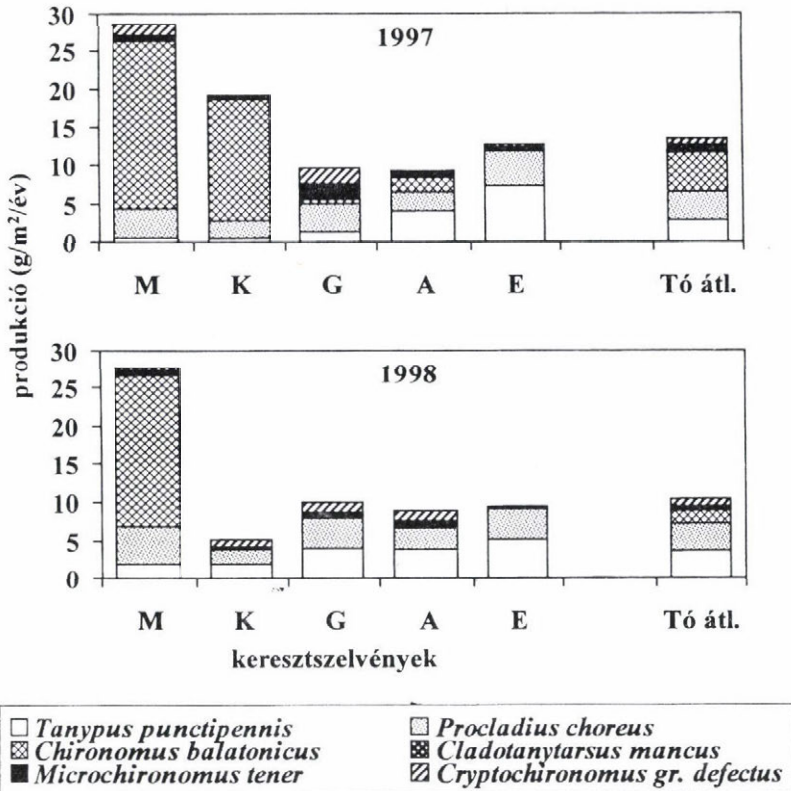
		1997				1998				módszer
		Minta-vételi pont	N (db/m <sup>2</sup> )	B (g/m <sup>2</sup> )	P (g/m <sup>2</sup> /év)	P/B	N (db/m <sup>2</sup> )	B (g/m <sup>2</sup> )	P (g/m <sup>2</sup> /év)	
<i>T. punctipennis</i>	A2		306	0,51	3,47	6,8	214	0,38	4,56	SF
<i>P. choreus</i>	A2		872	0,76	4,37	5,8	796	0,77	6,37	SF
<i>P. choreus</i>	M2		532	0,34	2,96	8,7	538	0,66	4,66	SF
<i>Ch. balatonicus</i>	M2		167	6,00	15,60	2,6	282	3,46	15,60	Allen

1997-re és 1998-ra a Balaton teljes területére vetítve 13,7 g/m<sup>2</sup>/év, illetve 10,4 g/m<sup>2</sup>/év teljes árvaszúnyog lárva produkció becsülhető (nem számítva a partmenti keskeny, náddal borított sávot). Ennek a produkciónak mintegy 90 %-át 1996–98-ban három csoport hozta létre, a *Ch. balatonicus* (5,13 és 1,71 g/m<sup>2</sup>/év), a *P. choreus* (3,47 és 3,54 g/m<sup>2</sup>/év) és a *T. punctipennis* (2,94 és 3,67 g/m<sup>2</sup>/év) (5. ábra).

A számos mennyiségi vizsgálat ellenére (DÉVAI 1990, DÉVAI et al. 1984, ENTZ 1965, PERÉNYI et al. 1993, PONYI et al. 1983, TÁTRAI 1980) az árvaszúnyog lárvák produkciójára vonatkozó megalapozott, részletes becslés ez idáig nem készült. ENTZ (1954) az árvaszúnyog lárvák és a csővájóférgek együttes produkcióját 15 000 t/év-re (kb. 25 g/m<sup>2</sup>/év élőtömeg) becsülte a teljes tóra vonatkoztatva. ENTZ becslése azonban csak hozzávetőleges, hiszen az átlagos biomasszáat szorozta be egy átlagos irodalmi P/B aránnyal. Hasonló módon becsülte PONYI (1992) az árvaszúnyog lárvák produkcióját 6000 t/év-re (kb. 10 g/m<sup>2</sup>/év).

LINDEGAARD (1989) adatai alapján, tavakban az árvaszúnyog lárvák produkciója 2–3385 KJ/m<sup>2</sup>/év között változhat. Az 1997–98 időszakra vonatkozó, 10,4–13,7 g/m<sup>2</sup>/év (35–46 KJ/m<sup>2</sup>/év) átlagos balatoni árvaszúnyog lárva produkció a LINDEGAARD (1989) által kö-

zölt lista alsó felében foglal helyet, illetve más oligotróf és mezotróf tavakéhoz hasonlítható. Valószínű azonban, hogy egyes időszakokban, amikor a *Chironomus* fajok egyedszáma magas, pl. 1982–83 (DÉVAI 1990, DÉVAI et al. 1984), vagy 1994–95 a produkció akár tízszer nagyobb is lehet. Ezt támasztja alá DÉVAI (1990) eredménye is, miszerint 1983-ban csak az első rajzási periódus során, a kirepülő lárvák mennyisége megközelítette a 40 ezer tonnát (kb. 67,5 g/m<sup>2</sup> élőtömegben), ami 3300 tonna szerves szénnek felelt meg. Figyelembe véve, hogy az említett évben még további három rajzása volt (igaz az elsőhöz képest jóval kisebb) és, hogy a kirepülésre érett kort csak a lárvák kis része éri el, a teljes produkció ennek akár a két-háromszorosa is lehetett.



5. ábra. Az árvaszúnyog lárvák produkciója a Balaton keresztsszelvényeiben 1997-ben és 1998-ban.  
Figure 5. Production of chironomids at transects of Lake Balaton in 1997 and 1998.

Az 1995–98. közötti időszak alatt, a Balaton árvaszúnyog faunájában tapasztalt jelentős fajszerkezeti, biomassa és produkcióbeli különbségektől valószínűleg az elsődleges termelésben előforduló jelentős változások, illetve ingadozások tehetők felelőssé.

**Köszönetnyilvánítás.** A gyűjtéseink során SZECSDI BÉLA hajóvezető volt segítségünkre. Jelen munka a Miniszterelnöki Hivatal Balatoni Titkárságának támogatásával készült.

## Irodalom

- ALLEN K. R. (1971): Relation between production and biomass. – J. Fish. Res. Bd Can. 28: 1573–1581.
- ANDERSON R. O. (1959): A modified flotation technique for sorting bottom fauna samples. – Limnol. Oceanogr. 4: 223–225.
- ASHE P. & CRANSTON P. S. (1990): Family Chironomidae. – In: SOÓS Á. & PAPP L. (eds.). Catalogue of Palearctic Diptera, Volume 2. Psychodidae – Chironomidae. Akadémia Kiadó, Budapest, pp. 113–499.
- BENKE A. C. (1984): Secondary production of aquatic insects. – In: RESH V. H. & ROSENBERG D. M. (eds.). The ecology of aquatic insects. Praeger, New York, pp. 289–322.
- BENKE A. C. (1993): Edgardo Baldi memorial lecture. Concepts and patterns of invertebrate production in running waters. – Verh. int. Ver. Limnol. 25: 15–38.
- BERCZIK Á. & NOSEK J. (1997): Gerinctelen állatok kutatása a Balatonon. – In: SALÁNKI J. & NEMCSÓK J. (szerk.). A Balatonkutatás eredményei 1981–1996. MTA VEAB és MEH Balatoni Titkársága, Veszprém, pp. 137–162.
- BÍRÓ K. (1981): Az árvaszúnyog lárvák (Chironomidae) kishatározója. Vizügyi Hidrobiológia 11. VIZDOK, Budapest, pp. 1–229.
- BORUTSKIJ E. V. (1963): Vületü Chironomidae (Diptera) kontinentalnűkh vodojemov raznűkh klimaticeszkih pojaszov kak faktor obeszpecsennoszti rűb piscsej. – Zool. Zh. 42: 233–247.
- DÉVAI GY. (1988): Emergence patterns of chironomids in Keszthely-basin of Lake Balaton (Hungary). – Spixiana suppl. 14: 201–211.
- DÉVAI GY. (1990): Ecological background and importance of change of chironomid fauna (Diptera: Chironomidae) in shallow Lake Balaton. – Hydrobiologia 191: 189–198.
- DÉVAI GY. (1993): Production studies on the larvae of Chironomus balatonicus. – Abstr. Bot. 17: 261–265.
- DÉVAI GY. & MOLDOVÁN J. (1983): An attempt to trace eutrophication in a shallow lake (Balaton, Hungary) using chironomids. – Hydrobiologia 103: 169–175.
- DÉVAI GY., CZÉGENY I., DÉVAI I., HEIM CS., MOLDOVÁN J. & PRECZNER Z. (1984): Studies of the ecological effects of Lake Balaton and River Zala sediments on chironomids (Diptera: Chironomidae). – Acta Biol. Debr. suppl. Oecol. Hung. 1: 1–183.
- ENTZ B. (1954): A Balaton termelésbiológiai problémái. – MTA Biol. Orvostud. Oszt. Közl. 5: 433–448.
- ENTZ B. (1965): Untersuchungen an Larven von Chironomus plumosus Meig. in Benthos des Balatonsees in den Jahren 1964–1965. – Annal. Biol. Tihany 32: 129–139.
- FITTKAU E. J. & ROBACK S. S. (1983): 5. The larvae of Tanypodinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region – Keys and diagnoses. – Ent. scand. Suppl. 19: 33–110.
- GOEDKOOP W. & JOHNSON R. K. (1996): Pelagic-benthic coupling: Profundal benthic community response to spring diatom deposition in mesotrophic Lake Erken. – Limnol. Oceanogr. 41: 636–647.
- GRIGELIS A. (1989): Distribution and ecology of Chironomidae larvae in the different types of lakes of the Lithuanian SSR. – In: DÉVAI GY. (ed.). Advances in Chironomidology. Proceedings of the X<sup>th</sup> international symposium on Chironomidae. Acta biol. Debr. Oecol. Hung. 3: 127–134.
- HAMILTON A. A. (1969). On estimating annual production. – Limnol. Oceanogr. 14: 771–782.
- KANGUR K. (1989): Ecology and population dynamics of Chironomus plumosus L. in Lake Vortsjarv, Estonian SSR. – In: Dévai, Gy.(ed.). Advances in Chironomidology. Proceedings of the X<sup>th</sup> international symposium on Chironomidae. Acta biol. Debr. Oecol. Hung. 3: 231–240.
- KIKNADZE I. I., SILOVA A. I., KERKISZ I. E., SOBANOV N. A., ZELENCOV N. I., GREBENJUK L. P., ISZTOMINA A. G. & PRASZOLOV V. A. (1991): Kariotipü i morfologija licsinok tribü Chironomini. ATLAS. Nauka, Novoszibirszk. pp. 1–115.

- LINDEGAARD C. (1989): A review of secondary production of zoobenthos in freshwater ecosystems with special reference to Chironomidae (Diptera). – In: DÉVAI GY. (ed.). *Advances in Chironomidology. Proceedings of the Xth international symposium on Chironomidae.* Acta biol. Debr. Oecol. Hung. 3: 231–240.
- MATÉNA J. (1989): Seasonal dynamics of *Chironomus plumosus* (L.) (Diptera, Chironomidae) population from a fish pond in southern Bohemia. – *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 74: 599–610.
- MORIN A., MOUSSEAU T. A. & ROFF D. A. (1987): Accuracy and precision of secondary production estimates. – *Limnol. Oceanogr.* 32: 1342–1352.
- OLÁH J. (1976). Energy transformation by *Tanypus punctipennis* Meig. (Chironomidae) in Lake Balaton. *Ann. Biol. Tihany* 43: 83–92.
- PANKRATOVA V. JA. (1970): Licsinki i kukolki komarov podszemejsztva Orthocladiinae faunü SzSzSzR. Nauka, Leningrad, pp. 1–344.
- PANKRATOVA, V. JA. (1977). Licsinki i kukolki komarov podszemejsztv Podonominae i Tanypodinae faunü SzSzSzR. Nauka, Leningrad, pp. 1–156.
- PERÉNYI M., BÍRÓ P., TÁTRAI I., PAULOVITS G. & LAKATOS GY. (1993): Biomass assessment of Chironomidae larvae in the littoral zone of Lake Balaton (Hungary). – *Verh. int. Ver. Limnol.* 25: 689–693.
- PINDER L. C. V. (1978): A key to adult males of British Chironomidae. – *Freshwat. Biol. Assoc. Sci. Publ.* 37 (1–2): 1–169.
- PINDER L. C. V. & REISS F. (1983): 10. The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region – Keys and diagnoses. – *Ent. scand. Suppl.* 19: 293–435.
- PLANTE C. & DOWNING J. A. (1990): Empirical evidences for differences among methods for calculating secondary production. – *J. N. Am. benthol. Soc.* 9: 9–16.
- PONYI J. (1992): Másodlagos termelés a Balatonban. – *Hidrol. Tájékoztató*, április: 31–33.
- PONYI J., TÁTRAI I. & FRANKÓ A. (1983): Quantitative studies on Chironomidae and Oligochaeta in the benthos of Lake Balaton. – *Arch. Hydrobiol.* 97: 196–207.
- PRAT N. & RIERADEVALL M. (1995): Life cycle and production of Chironomidae (Diptera) from Lake Banyoles (NE Spain). – *Freshwat. Biol.* 33: 511–524.
- RUZICKOVÁ J. (1987): Cohort analysis and production estimate of *Chironomus* larvae (Diptera, Chironomidae) in a carp pond in southern Bohemia. – *Vest. cs. Spolec. Zool.* 51: 140–151.
- SEBESTYÉN O. (1960): Horizontale Planktonuntersuchungen im Balaton. Orientierende Untersuchungen über die horizontale Verbreitung der Planktonkrebse. – *Ann. Biol. Tihany* 27: 115–130.
- SPECZIÁR A. (2000): A *Tanypus punctipennis* Meigen (Diptera, Chironomidae) generációs ciklusa, populáció dinamikája és produkciója a Balatonban. – *Hidrol. Közl.* 80(5): 385–387.
- SPECZIÁR A. & BÍRÓ P. (1998): Spatial distribution and short-term changes of benthic macrofauna in Lake Balaton (Hungary). – *Hydrobiologia* 389: 203–216.
- SPECZIÁR A. & BÍRÓ P. (1999a): A Balaton üledéklakó árvaszűnyogainak tér és időbeni változásai, valamint jelentősége néhány halfaj táplálékában. – *Halászatfejlesztés* 22: 128–137.
- SPECZIÁR A. & BÍRÓ P. (1999b): A *Procladius choreus* (Diptera, Chironomidae) populáció dinamikája és produkciója a Balatonban. – *Hidrol. Közl.* 79(6): 372–375.
- SZOKOLOVA N. JU. (ed.) (1983): *Motül Chironomus plumosus* L. (Diptera, Chironomidae). Nauka, Moszkva, pp. 1–310.
- TÁTRAI I. (1980): About feeding conditions of bream, (*Abramis brama* L.) in Lake Balaton. – *Dev. Hydrobiologia* 3: 81–86.
- WOLFRAM G. (1996): Distribution and production of chironomids (Diptera: Chironomidae) in a shallow, alkaline lake (Neusiedler See, Austria). – *Hydrobiologia* 318: 103–115.



## Spatial distribution and short-term changes of the benthic chironomid fauna in Lake Balaton during 1995 and 1998

ANDRÁS SPECZIÁR & PÉTER BÍRÓ

Spatial and short-term changes in the composition and density of the chironomid fauna were studied in Lake Balaton, a large shallow lake in Central Europe (Hungary). Spatial differences were examined along five transects and short-term changes at two stations of different trophic state. The chironomid fauna mainly consisted of species *Chironomus balatonicus*, *Procladius choreus*, *Tanytus punctipennis*, *Microchironomus tener* and *Cladotanytarsus manicus*. The chironomid fauna showed significant spatial and short-term differences. In the M transect the biomass and production of chironomids were several times higher than those of in the other transects. Both the spatial and the short-term differences were paralleled with the differences in the chironomid fauna composition. As compared to other lakes of similar climatic conditions, the total production of chironomids proved to be very low in 1997 and 1998 (13.7 and 10.4 g/m<sup>2</sup>/yr, respectively). The 90 % of the average chironomid production of Lake Balaton in 1997 and 1998 belonged to *Ch. balatonicus* (5.13 and 1.71 g/m<sup>2</sup>/yr), *P. choreus* (3.47 and 3.54 g/m<sup>2</sup>/yr) and *T. punctipennis* (2.94 and 3.67 g/m<sup>2</sup>/yr, respectively).



## PAH vegyületek hatása a tőkésréce fejlődésére\*

KERTÉSZ VIRÁG<sup>1</sup> és KOVÁCS JÓZSEF<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Szent István Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszék, H-2103 Gödöllő, Péter Károly u. 1.

E-mail: vkertes@fau.gau.hu

<sup>2</sup> Veszprémi Egyetem, Környezetmérnöki és Kémiai Technológiai Tanszék, H-8201 Veszprém, Egyetem u. 10.

E-mail: kovacs@almos.vein.hu

**Összefoglalás.** Három poliaromás szénhidrogén vegyület (benz/a/pirén, benz/k/fluorantén, fluorantén) embrionális fejlődésre, keltethetőségre és a kikelt utódok életképességére gyakorolt hatását vizsgáltuk tőkés récén, valamint tanulmányoztuk a tojások méshéjának azon fizikai paramétereit, melyek legjobban befolyásolják a héjon keresztül történő anyag transzportot. A tojásokat az inkubáció kezdete előtt kezeltük injektálással illetve fűrésztéssel. Az embriogenezis korai szakaszában a benz(k)/fluorantén okozta a legnagyobb mértékű mortalitást, a legtöbb fejlődési rendellenesség azonban a benz(a)pirén hatására alakult ki. A tojások keltethetőségét legnagyobb mértékben a benz(k)-fluorantén csökkentette. A naposkacsák májának szövettani vizsgálata során mindhárom vegyület hatására a hepatociták elhalását tapasztaltuk. Bár vizsgálataink a kelés utáni időszakra már nem terjedtek ki, feltételezhető, hogy az elhalás mértékétől függően a nem megfelelő májműködés következtében az épnék tűnő állatok túlélési esélyei csökkentek volna. A méshézj morfológiai vizsgálata során kimutattuk, hogy a tőkésrécetojások héja nagy (a tyúktojáséhoz viszonyítva 25–30 %-kal nagyobb) fajlagos felülettel és pórustérfogattal rendelkezik, amely fokozhatja a vízben oldott anyagok felvételét, akár toxikus koncentrációban is.

**Kulcsszavak:** PAH vegyületek, tőkésréce, embrió mortalitás, teratogén hatás.

### Bevezetés

A vízi vadállomány károsítóinak értékelése igen nehéz feladat az örökösen változó környezethatások következtében. A veszélyeztető tényezők között szerepel természetes élőhelyük megváltoztatása, a növényvédő szerek okozta mérgezések, a nem megfelelő vadgazdálkodási technológia, a vízszennyezések (STERBETZ 1972). Az ipartelemek okozta vízszennyezések, valamint az atmoszférából száraz és nedves kihullás során a felszíni vizekbe jutó szennyezőanyagok veszélyt jelentenek a vizeket természetes élőhelyként használó vízi vadak számára (HOFFMAN 1990). A természetvédelemmel foglalkozó fórumok munkájaként több nemzetközi egyezmény is született, melyek közül a Ramsari Egyezmény foglalkozik a vízimadarak élőhelyeinek védelmével (FARAGÓ 2000). Az egyezmény célkitűzéseivel összhangban fontos feladat a vízimadarak közvetlen környezetét szennyező anyagok káros élettani hatásának felmérése illetve megállapítása.

A poliaromás szénhidrogén (PAH) vegyületek különféle ipari tevékenységek következtében minden felszíni vízben megtalálható igen stabil szerves szennyezőanyagok, melyek

\* Előadták a szerzők az Állattani Szakosztály 890. ülésén (1999. február 3.).

többek között a levegőből nedves vagy száraz kihullás révén, illetve olajszennyeződések során jutnak a vizekbe. Madarakra gyakorolt hatásukat már korábban is vizsgálták, ezek a vizsgálatok azonban elsősorban takarmány-toxikológiai jellegűek, melyeket növendék vagy adult állatokon végeztek (EDENS & GARLICH 1983, HOFFMAN et al. 1985, EL-SEBAI et al. 1994, VODELA ET AL. 1997). Toxikus hatással járó expozíció azonban már jóval korábban, akár embrionális korban is bekövetkezhet. Megfigyelések és kísérletek során kimutatták, hogy a víziszárnyasok tojásai a vízről visszatérő tojók kotlási viselkedése során közvetlen kapcsolatba kerülhetnek a vízben jelenlévő szennyező anyagokkal (HOFFMAN 1990), melyek a porózus mészhéjon keresztül bejuthatnak a fejlődő embrióhoz. A PAH vegyületek embriogenezisre gyakorolt hatásáról igen kevés tanulmány született (HOFFMAN & GAY 1981, BRUNSTRÖM et al. 1990).

Vizsgálataink során három PAH vegyület (benz(a)pirén, benz(k)fluorantén, fluorantén) embrionális fejlődésre, keltethetőségre és a kikelt utódok életképességére gyakorolt hatását kívántuk meghatározni tőkésréccén (*Anas platyrhynchos*), mely a magyar víziszárnyas faunára igen jellemző réceféle. A tőkésréccetojások héjának morfológiai vizsgálatával célunk volt a héj porozitására, póruseloszlására vonatkozó adatok gyűjtése, mellyel a héjon való anyagátjutás lehetőségeiről kaphatunk többletinformációt. A xenobiotikumok tojásba való bejutásának ugyanis egyik igen jelentős akadálya a tojás mészhéja, melynek fizikai paraméterei közül a porozitás, pórusméret és -eloszlás jelentős mértékben befolyásolják az anyag bejutás mennyiségi és minőségi lehetőségeit. Nemcsak az egyes madárfajok, hanem egy adott fajon belül az egyes egyedek tojáshéjának, sőt ugyanazon egyed egymást követő tojásainak porozitása is jelentősen különbözhet, ami több tényező függvénye (héjképződés alatti hőmérséklet és fényviszonyok, takarmányozás/táplálkozás, egészségi állapot, napszak, stb.) (TULLETT & DEEMING 1982; TYLER 1955).

## Módszerek

### Kezelések

A PAH vegyületek igen gyenge vízdoldékonysága következtében a vizsgálatokhoz nem egy adott koncentrációt próbáltunk beállítani, hanem az oldhatósági határig oldottuk csapvízben a vegyületeket. Az így elért koncentrációkat az 1. táblázat közli. Az oldatok koncentrációját a kezelések előtt, és a kezelések után is visszamértük gázkromatográfhoz kapcsolt tömegspektrométerrel. A tenyésztőtojásokat, melyek mérete és tömege a fajra jellemző határokon belül volt, az inkubáció megkezdése előtt véletlenszerűen csoportokba osztottuk, megfelelő jelöléssel láttuk el, majd kezeltük az 1. táblázatban leírt koncentrációjú oldatokkal. Az injektálásos kezelés során 0,1 ml oldatot juttattunk a tojások légkamrájába, melynek pontos helyét előzetesen lámpázással állapítottuk meg. A fűrésztéses kezelés során a tojásokat 30 percre a szobahőmérsékletű oldatokba helyeztük. A vívőanyag (csapvíz) hatását is vizsgáltuk mindkét kezelési formában. A kezelést követően a tojásokat EGG-STAR 600-as automatizált szekrényes keltetőgépbe helyeztük, ahol  $37,8 \pm 0,1^\circ\text{C}$ -os lég hőmérsékleten és 50–55 %-os légnedvesség tartalom mellett, 2 óránkénti forgatással zajlott az előkeltesítés. A bujtatás idejére a páratartalmat 75 %-ra emeltük.

### **Korai embrionális vizsgálatok**

A tojásokat csak 10 napig inkubáltuk, mert az embrionális fejlődés korai szakaszában bekövetkező szerhatásokat kívántuk vizsgálni. A 10 napos inkubáció alatt minden vizsgálati csoportból naponta felbontottunk 5–6 db tojást, fénymikroszkóp használatával megállapítottuk az embriók életképességét, és a kezelt embriók fejlettségét összehasonlítottuk a kontroll csoportéval. Az elhalt embriók esetében meghatároztuk az elhalás hozzávetőleges időpontját. Nyomon követtük a kezelés hatására fellépő fejlődési elváltozások típusait és gyakoriságát is.

**1. táblázat.** Alkalmazott koncentrációk.  
**Table 1.** Applied concentrations of test substances.

Vizsgált anyag	Törzsoldat koncentrációja	Injektált mennyiség/tojás
Benz(a)pirén	2 µg/L	0,2 ng
Benz(k)fluorantén	22 µg/L	2,2 ng
Fluorantén	200 µg/L	20,0 ng

### **Keltethetőségi vizsgálat**

Egy különálló kísérletben a vizsgálati anyagok életképességre és keltethetőségre gyakorolt hatását is meghatároztuk. A tojások kezelése az előzőekben ismertetett módon történt, a keltetési paraméterek is hasonlóak voltak. Az inkubáció 10. napján a tojásokat kézi lámpázóval lámpáztuk és eltávolítottuk a terméketlen illetve elhalt embriókat tartalmazó tojásokat. A kilámpázott tojásokat felbontottuk és megállapítottuk az elhalás időpontját és okát. A kelés végén a gépben maradt befulladt tojásokat szintén felbontottuk és megállapítottuk az elhalás okát és időpontját. Meghatároztuk a kikelt napos állatok közül a kelésgyengék arányát, majd minden csoportból 5–5 életképesnek mutakozó állatot előkészítettünk testtömeg mérésre. Ezeknek a máját és a szívét kipreparálva meghatároztuk azok tömegét, majd a májból mintát vettünk szövettani vizsgálatához. A szív esetében csak a testtömeghez viszonyított optimális tömeget vizsgáltuk, kórszövettani analízis nem történt.

### **Szövettani vizsgálat**

A szövettani vizsgálatot Hollandiában, a Wageningeni Egyetem Humán- és Állatételtani Tanszékén végeztük. A napos állatokból nyert májak fixálása 4 %-os neutrális formalin oldatban történt. A beágyazást és metszet készítést követően hematoxilin-eozin festést alkalmaztunk. A metszetek értékelését fénymikroszkóppal végeztük. A szövettani elváltozások jellemzésére az elhalt területek méretétől és előfordulásának gyakoriságától függően három fokozatot alkalmaztunk: enyhe, mérsékelt, súlyos.

### **A mészhéjak adszorpciós képességének vizsgálata**

A héjhartától megfosztott mészhéj mintákat a vizsgálat előtt három részre bontottuk: tompa vég, mediális rész, és hegyes vég. A fajlagos felületre és pórus térfogatra vonatkozó vizsgálatot a Micrometrics cég ASAP 2000 típusú, számítógépes vezérlésű berendezésének segít-

ségével a Veszprémi Egyetem Környezetmérnöki és Kémiai Technológiai Tanszékén végeztük el. A készülék a cseppfolyós nitrogén atmoszférikus forráspont-hőmérsékletén ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) a tojáshéj mintákon nitrogéngáz adszorpció/deszorpció izotermákat vett fel, mely adatokból az ismert elméletek alapján (BARETT et al. 1951) a pórusok fajlagos felületét és térfogatát számoltuk.

### *Statisztikai próbák*

A testtömeg és szervtömeg adatok statisztikai értékelésében globális tesztként varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztunk. Utótesztként LSD tesztet használtunk a kontroll és az egyes kezelt csoportok közti szignifikancia vizsgálatának céljából. A százalékos adatok (embrió mortalitás, kelés, rendellenes fejlődések aránya) statisztikai vizsgálatához globális tesztként  $\text{R} \times \text{C } \chi^2$  tesztet, majd utótesztként a Fisher-féle egzakt tesztet alkalmaztuk (GAD & WEIL 1994). A statisztikai értékelés során a szignifikancia minimum értékének a  $p=0,05$  szintet tekintettük.

## **Eredmények**

A morfológiai vizsgálatok (korai embrionális és keltethetőségi vizsgálat) eredményeinek ismertetése és értékelése során a kezelések hatását a kezeletlen kontroll csoportban kapott eredményekkel vetettük össze, mivel a csapvízzel (mint vivőanyaggal) való injektálás és fűrésztés egyik vizsgálati szempont szerint sem okozott szignifikáns eltérést a kezeletlen kontroll csoporttól.

### *Korai embrionális vizsgálatok*

#### *Kontroll*

A 10 napos vizsgálat során a kontroll csoportban az embriók 17,1 %-a halt el (2. táblázat). Minden fejlődési szakaszban fordult elő elhalás, legnagyobb mértékben az 1. és a 2. szakaszban (3. táblázat). Az embriók 8,9 %-ánál tapasztaltuk fejlődési elváltozások kialakulását (2. táblázat), melyek közül a következők bizonyultak gyakoribbnak: agy- és szemhólyag rendellenességek, diffúz bevézések (törzsön és végtagokon), vérgyűrű vagy vérszigetek.

#### *Benz(a)pirén*

Injektálásos expozíciót követően az embriómortalitás a kontrollnál tapasztalt 17,1 %-ról 21,7 %-ra nőtt (2. táblázat). Az elhalások jelentős hányada az 1. és 2. fejlődési szakaszban lépett fel mind a kontroll, mind a kezelt csoportban (3. táblázat). A fejlődési elváltozást mutató egyedek aránya 35,0 %-ra nőtt a kontrollnál tapasztalt 8,9 %-hoz képest ( $p<0,001$ ) (2. táblázat). A kezelés hatására leggyakrabban előforduló elváltozások a következők voltak: teljes testi torzultság, szem rendellenességek (anophthalmia, monophthalmia, microphthalmia), agyhólyag rendellenességek, a szikérhálózat gyenge fejlettsége vagy hiánya, törpenövés (nanosomia), diffúz bevézések a törzsön és a végtagokon.

Fürösztéses expozíció hatására az elhalt embriók aránya kis mértékben csökkent (13,6 %) a kontrollhoz viszonyítva (17,1 %) (2. táblázat). Az elhalások jelentős hányada az első két fejlődési szakaszban lépett fel mind a kontroll, mind a kezelt csoportban (3. táblázat). A fejlődési rendellenességet mutató embriók aránya azonban 30,5 %-ra nőtt ( $p<0,001$ ) a kontrollnál tapasztalt 8,9 %-hoz képest (2. táblázat). Leggyakrabban a következő anomáliák fordultak elő: szikérhálózat gyenge fejlettsége vagy hiánya, szem rendellenességek, diffúz bevérvések a törzsön és a végtagokon, agyhólyag bevérvések.

**2. táblázat.** A vizsgált anyagok letális és teratogén hatása tökésrécében.

**Table 2.** Lethal and teratogenic effects of test substances to mallard eggs.

Kezelési csoport	Termékeny tojás		Élő embrió		Elhalt embrió		Normális fejlődésű		Rendellenes fejlődésű	
	db		db	%	db	%	db	%	db	%
Kontroll	146		121	82,9	25	17,1	133	91,1	13	8,9
BaP/inj.	60		47	78,3	13	21,7	39	65,0	21	35,0***
BaP/für.	59		51	86,4	8	13,6	41	69,5	18	30,5***
BkF/inj.	44		22	50,0	22***	50,0	31	70,5	13	29,5**
BkF/für.	42		30	71,4	12	28,6	30	71,4	12	28,6**
F/inj.	46		30	65,2	16*	34,8	35	76,1	11	23,9**
F/für.	48		40	83,3	8	16,7	41	85,4	7	14,6

\* $p<0,05$ ; \*\* $p<0,01$ ; \*\*\* $p<0,001$

Rövidítések magyarázata: BaP: benz(a)pirén, BkF: benz(k)fluorantén, F: fluorantén, inj: injektált tojás, für: fürösztött tojás

### *Benz(k)fluorantén*

Injektálásos kezelés hatására az embriómortalitási ráta 17,1 %-ról 50,0 %-ra emelkedett ( $p<0,001$ ) (2. táblázat). Kiemelkedő volt az 1. fejlődési szakaszban (31,8 %) és a 2. fejlődési szakaszban (15,9 %) bekövetkezett elhalás mértéke (3. táblázat). Az embriók 29,5 %-a rendellenes fejlődést mutatott a kontrollnál mért 8,9 %-hoz képest ( $p<0,01$ ) (2. táblázat). Leggyakrabban a következő elváltozások léptek fel: a szikérhálózat gyenge fejlettsége vagy hiánya, szem rendellenességek.

Fürösztést követően az embrióhalandóság mértéke a kontrollhoz képest (17,1 %) 28,6 %-ra nőtt (2. táblázat). Az elhalások az 1. és a 2. fejlődési szakaszban következtek be (3. táblázat). A fejlődési elváltozást mutató embriók aránya 8,9 %-ról 28,6 %-ra nőtt ( $p<0,01$ ) (2. táblázat). Gyakrabban előforduló elváltozások voltak: a szem rendellenességei, a szikérhálózat gyenge fejlettsége vagy hiánya.

### *Fluorantén*

A szert injektálással a tojásokba juttatva az elhalt embriók aránya a kontrollhoz képest (17,1 %) 34,8 %-ra emelkedett ( $p<0,05$ ) (2. táblázat). Legnagyobb mértékű mortalitást az 1. fejlődési szakaszban tapasztaltunk, jelentős volt azonban az elhalás a 2. szakaszban is (3. táblázat). A rendellenesen fejlődött embriók aránya (23,9 %) megnőtt a kontrollhoz képest ( $p<0,01$ ) (2. táblázat). Gyakrabban előforduló elváltozások voltak: a szikérhálózat gyenge fejlettsége vagy hiánya, a vérgyűrűs állapot, diffúz bevérvések a törzsön és a végtagokon.

Fürösztéses expozíciót követően az embrióhalandóság aránya (16,7 %) nem tért el a kontrolltól (17,1 %) (2. táblázat). Elhalások a kontrollhoz hasonlóan minden fejlődési szakaszban felléptek, legnagyobb mértékben a 2. szakaszban (3. táblázat). A rendellenesen fejlődött embriók aránya 14,6 % volt a kontrollnál tapasztalt 8,9 %-hoz képest (2. táblázat). Több kezelt embrió vonatkozásában is megjelent a szikérhálózat gyenge fejlettsége vagy hiánya, illetve a törpenövés és a szem rendellenességek.

**3. táblázat.** A mortalitás megoszlása az egyes fejlődési szakaszokban tőkésréccében.

**Table 3.** Distribution of the dates of mortality between different developmental stages.

Kezelési csoport	0–3. nap		4–5. nap		6–7. nap		8–10. nap		Összesen	
	db	% <sup>+</sup>	db	% <sup>+</sup>	db	% <sup>+</sup>	db	% <sup>+</sup>	db	% <sup>+</sup>
Kontroll	10	6,8	13	8,9	1	0,7	1	0,7	25	17,1
BaP/inj.	7	11,7	5	8,3	1	1,7	0	0	13	21,7
BaP/für.	3	5,1	4	6,8	1	1,7	0	0	8	13,6
BkF/inj.	14	31,8	7	15,9	1	2,3	0	0	22	50,0
BkF/für.	10	23,8	2	4,8	0	0	0	0	12	28,6
F/inj.	8	17,4	7	15,2	0	0	1	2,2	16	34,8
F/für.	2	4,2	4	8,3	1	2,1	1	2,1	8	16,7

<sup>+</sup>termékeny tojásra vetített százalékos adat

Rövidítések magyarázata: BaP: benz(a)pirén, BkF: benz(k)fluorantén, F: fluorantén, inj: injektált tojás, für: fürösztött tojás

**4. táblázat.** A vizsgált anyagok keltethetőségre gyakorolt hatása tőkésréccében.

**Table 4.** The effects of test substances on the hatching success of the mallard.

Kezelési csoport	n	Előkeltetés alatt elhalt		Bujtatás alatt elhalt		Összes elhalt		Kikelt		Kelésgyenge	
		db	% <sup>+</sup>	db	% <sup>+</sup>	db	% <sup>+</sup>	db	% <sup>+</sup>	db	% <sup>++</sup>
Kontroll	199	31	15,6	11	5,5	42	21,1	157	78,9	0	0
BaP/inj.	48	13	27,1	6	12,5	19	39,6	29	60,4**	0	0
BaP/für.	49	7	14,3	5	10,2	12	24,5	37	75,5	0	0
BkF/inj.	48	21	43,8	12	25,0	33	68,8	15	31,3***	0	0
BkF/für.	50	11	22,0	5	10,0	16	32,0	34	68,0	1	2,9
F/inj.	49	18	36,7	12	24,5	30	61,2	19	38,8***	0	0
F/für.	47	12	25,5	2	4,3	14	29,8	33	70,2	0	0

\*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

<sup>+</sup>termékeny tojásra vetített százalékos adat

<sup>++</sup>kikelt állatokra vonatkoztatott százalékos adat

Rövidítések magyarázata: BaP: benz(a)pirén, BkF: benz(k)fluorantén, F: fluorantén, inj: injektált tojás, für: fürösztött tojás



**Keltethetőségi vizsgálat****Kontroll**

A kontroll csoportban a berakott termékeny tojások 78,9 %-a kelt ki. A napos állatok között kelésgyengeség nem fordult elő. Az összes elhalás megoszlása a következő volt: előkeltes alatt 15,6 %, bujtatás alatt 5,5 % (4. táblázat). A kikelt vitális állatok testtömegét, valamint szív- és májtömegét az 5. táblázat ismerteti.

**Benz(a)pirén**

Injektálásos expozíciót követően a csoport kelési aránya 60,4 %-ra csökkent ( $p<0,01$ ). Kelésgyengeség a naposállatok között nem fordult elő. Az előkeltesítés során 27,1 %-os, míg a bujtatás alatt 12,5 %-os elhalás lépett fel (4. táblázat). A naposállatok test-, szív- és májtömege statisztikailag nem tért el a kontroll csoport értékeitől (5. táblázat).

A tojások fűrésztését követően 75,5 %-os kelési arányt tapasztaltunk. A naposállatok között nem fordult elő kelésgyengeség. Az elhalás aránya 14,3 % volt az előkeltesítés során, és 10,2 % a bujtatás alatt (4. táblázat). A naposállatok test-, szív- és májtömege nem tért el a kontroll csoportnál tapasztalt értékektől (5. táblázat).

**5. táblázat.** Naposkacsák test-, szív- és májtömegének alakulása a vizsgált anyagok hatására.

Table 5. The influence of test substances on body weight, heart and liver weight of mallard ducklings.

Kezelési csoport	testtömeg (g) $\bar{X} \pm S.D.$	szívtömeg (g) $\bar{X} \pm S.D.$	májtömeg (g) $\bar{X} \pm S.D.$
Kontroll	39,08 $\pm$ 3,46	0,319 $\pm$ 0,045	1,122 $\pm$ 0,135
BaP/inj.	39,52 $\pm$ 3,87	0,322 $\pm$ 0,021	1,096 $\pm$ 0,078
BaP/für.	40,98 $\pm$ 1,14	0,306 $\pm$ 0,021	1,191 $\pm$ 0,114
BkF/inj.	38,09 $\pm$ 3,20	0,290 $\pm$ 0,038	1,129 $\pm$ 0,166
BkF/für.	39,60 $\pm$ 1,49	0,300 $\pm$ 0,015	1,063 $\pm$ 0,146
F/inj.	39,09 $\pm$ 2,55	0,306 $\pm$ 0,048	1,094 $\pm$ 0,119
F/für.	39,46 $\pm$ 3,13	0,324 $\pm$ 0,060	1,088 $\pm$ 0,107

Az adatok átlag ( $\bar{X}$ ) és szórás ( $\pm S.D.$ ) értékeket jelentenek.

Rövidítések magyarázata: BaP: benz(a)pirén, BkF: benz(k)fluorantén, F: fluorantén, inj: injektált tojás, für: fűrésztött tojás.

**Benz(k)fluorantén**

Injektálásos expozíció után a csoport kelési aránya 31,3 %-ra csökkent ( $p<0,001$ ). A kikelt állatok között nem fordult elő kelésgyengeség. Jelentős mértékű elhalás lépett fel az előkeltesítés alatt (43,8 %), és a bujtatás során is (25,0 %) (4. táblázat). A naposkacsák test-, szív-, valamint májtömegében nem mutatkozott a kontrolltól való eltérés (5. táblázat).

A tojások fűrésztését követően 68,0 %-os kelési arányt tapasztaltunk. A kikelt állatok közül egy kacska (2,9 %) bizonyult kelésgyengének. Az előkeltesítés alatt 22,0 %-os, míg a bujtatás alatt 10,0 %-os elhalás lépett fel (4. táblázat). A naposállatok test-, szív-, valamint májtömegében nem mutatkozott a kontrolltól való eltérés (5. táblázat).

*Fluorantén*

Injektálásos expozíció után a csoport kelési aránya 38,8 %-ra csökkent ( $p < 0,001$ ). A kikelt állatok között nem fordult elő kelésgyengeség. Jelentős mértékű elhalás lépett fel az előkeltetés alatt (36,7 %), és a bujtatás során is (24,5 %) (4. táblázat). A naposkacsák test-, szív-, valamint májtömegében nem mutatkozott a kontrolltól való eltérés (5. táblázat).

A tojások fűrésztését követően 70,2 %-os kelési arányt tapasztaltunk. A kikelt állatok közül egy kacs (2,9 %) bizonyult kelésgyengének. Az előkeltetés alatt 25,5 %-os, míg a bujtatás alatt 4,3 %-os elhalás lépett fel (4. táblázat). A naposállatok test-, szív-, valamint májtömegében nem mutatkozott a kontrolltól való eltérés (5. táblázat).

*Szövettani vizsgálat*

A vizsgálat céljából eltávolított májak mind a kontroll, mind a kezelt csoportokban okkersárga színeződésűek voltak, a kezelések hatására nem mutatkozott tömegbeli eltérést a kontroll májak tömegétől (5. táblázat).

*Kontroll csoportok*

A kontroll csoport kikelt állatainak májában a hepatociták épek és sokszögletűek voltak, kettős sorokba rendeződtek. A citoplazma enyhén vakuolizáltnak mutatkozott, amely a naposállatoknál normális fiziológiás jelenség. A májsejtsorok között a szinuszoidok épek, normál tágasságúak voltak.

*Kezelt csoportok*

Injektálásos és fűrésztéses kezelés hatására a következő nem anyag-specifikus tüneteket észleltünk: a csapvizés kontroll csoportban észlelt károsodott sávoknál hozzávetőlegesen 2–3-szor nagyobb területeken jelentkezett nekrozis. Ezekben az elsősorban erek (v. centralis) mentén lévő sávokban a máj szerkezete nem ismerhető fel, a sejthatárok eltűnnek, gyakran a nukleuszok sem láthatók.

Az elhalt területeken illetve annak közelében limphoid sejtek jelennek meg, illetve a hepatociták között elszórtan limphoid sejtes beszűrődés látható. Sok esetben a vérerek károsodása, szétesése is szembevetőd.

Az elváltozások az injektálással kezelt csoportokban erőteljesebbnek mutatkoztak, mint a fűrésztéses expozíció hatására, ahol azonban a szórás nagyobb volt az egyes egyedeknél tapasztalt tünetekben. Az egyes kezelési csoportokban az elváltozások mértékét a 6. táblázat ismerteti.

*A tojáshéjak adszorpciós képességének vizsgálata*

A tökéscetjások héjának fajlagos felülete a mediális részen bizonyult a legkisebbnek ( $0,069 \pm 0,010 \text{ m}^2/\text{g}$ ). A tompa vég ennél nagyobb fajlagos felülettel rendelkezik ( $0,084 \pm 0,0344 \text{ m}^2/\text{g}$ ), és a hegyes vég felülete mutatkozott a legnagyobbaknak ( $0,099 \pm 0,012 \text{ m}^2/\text{g}$ ).

A legkisebb pórustérfogatot a mediális régió mutatta ( $0,24 \pm 0,02 \text{ mm}^3/\text{g}$ ), a tompa vég ( $0,31 \pm 0,03 \text{ mm}^3/\text{g}$ ) és a hegyes vég ( $0,31 \pm 0,01 \text{ mm}^3/\text{g}$ ) pórustérfogata hasonlóan bizonyult.

**6. táblázat.** A máj károsodásának súlyossága napos tőkésrécében a tojások inkubáció előtti kezelésének hatására.**Table 6.** Severity of liver lesions of day-old mallard ducklings exposed to the test substances before incubation of the eggs.

Vizsgált anyag	Kezelés módja	Hepatociták károsodása	Lymphoid sejtes beszűrődés
Kontroll		0 (5)*	0 (5)
Benz(a)pirén	injektálás	+++ (5)	+ (5)
	fürösztés	++ (4), +++ (1)	+ (5)
Benz(k)fluorantén	injektálás	++ (1), +++ (4)	+ (5)
	fürösztés	+ (1), ++ (3), +++ (1)	+ (5)
Fluorantén	injektálás	++ (3), +++ (2)	+ (5)
	fürösztés	+ (2), ++ (3)	+ (5)

0 = normális; + = enyhe; ++ = mérsékelt; +++ = súlyos.

\*a vizsgálati egyedszám a zárójelben van feltüntetve

## Értékelés

### Korai embrionális vizsgálatok

A PAH vegyületek nemcsak az egyes olajszármazékokban fordulnak elő, hanem megtalálhatók minden természetes felszíni vízben is, ahol toxikus hatást fejthetnek ki a vízzel életmódjuknál fogva közvetlen kapcsolatban álló élőlényekre (gerincesek közül elsősorban halakra és vízimadarakra). Toxicitásuk mértéke a molekulatömeg növekedésével fokozódik, és bár ezzel együtt oldhatóságuk is csökken, már igen kis koncentrációban is kedvezőtlen hatást fejthetnek ki az élő szervezetekre (HOFFMAN 1995).

A felszíni vizek minőségére vonatkozó magyar szabvány (12749) is megemlíti a PAH vegyületeket, de ezek közül csupán a benz(a)pirénre vonatkozó határértékeket közli (0,05 µg/l), amely azt sugallja, hogy a vegyületcsoportból ezt tekintik a legveszélyesebbnek, illetve olyan mennyiségben előfordulónak, amely komolyabb kockázatot jelenthet a vízi életmódot folytató élőlényekre.

A PAH vegyületek embrionális fejlődésre gyakorolt hatása madarakon alig vizsgált terület. Bár HOFFMAN (1995) leírja, hogy a vizekben oldott formában jelenlévő poliaromás szénhidrogének veszélyt jelenthetnek a velük kapcsolatba kerülő élőlények számára, vizes közegben ezen vegyületek hatását csak halakon vizsgálták kiterjedtebben. Pedig a vízimadarak tollazatáról, lábáról a kotlás és a tojások forgatása során a vízben jelenlévő különböző szennyező anyagok a tojásokra illetve tojásokba kerülhetnek, és ezen keresztül veszélyeztetik az adott faj szaporaságát.

Vizsgálatainkban a PAH vegyületekből egy-egy tojásba injektált mennyiség (benz(a)pirén: 0,2 ng, benz(k)fluorantén: 2,2 ng, fluorantén: 20 ng) csak töredéke a korábban BRUNSTRÖM et al. (1990) által vizsgált mennyiségnek (0,12 mg mindhárom vegyület esetében). Fent említett szerző a PAH vegyületeket a szikbe injektálta az inkubáció 4. napján, vivőanyagnak pedig mogyoróolaj, lecitin és víz keverékét alkalmazta. Az inkubáció 18. napján felbontva a tojá-

sokat a következő mortalitási arányokat találta: benz(k)fluorantén: 100 %, benz(a)pirén: 30 %, fluorantén: 20 %. Vizsgálatainkban injektálásos expozíció mellett a PAH vegyületek jelentősen kisebb mennyisége is toxikusnak bizonyult (2. táblázat).

### *Kontroll*

A tökéscréctojások gépben történő keltetése esetén az átlagos kelési eredmény termékeny tojásra vetítve 75–80 % között változik (HAVASI 1982). Az első 10 nap során kapott 17,1 %-os elhalás (2. táblázat) megfelel az átlagos mortalitási értékeknek.

### *Kezelt csoportok*

A tökéscréce embriók a vizsgált három poliaromás szénhidrogén vegyület közül a benz(k)-fluoranténnal szemben bizonyultak legérzékenyebbnek, mely injektálással a tojásokba juttatva az inkubáció első 10 napjában 33 %-kal ( $p < 0,001$ ), fűröszteses expozíció hatására pedig 11,5 %-kal növelte az embrióhalandóságot a kontroll csoportban mért mortalitáshoz képest (2. táblázat). A három vegyület közül BRUNSTRÖM et al. (1990) is a benz(k)fluorantént találta legnagyobb mértékben toxikusnak csirkeembriókon vizsgálva. Az embriómortalitási eredmények alapján injektálásos expozíciót követően a vegyületek letális hatása csökkenő sorrendben a következő volt:

benz(k)fluorantén > fluorantén > benz(a)pirén.

A fűröszteses csoportokban mért embriómortalitás a benz(a)pirén és a fluorantén hatására nem tért el számottevően a kontroll csoporttól.

Az elhalások időpontját tekintve is különbséget figyelhetünk meg a kontroll csoporthoz képest. Míg a kontroll embriók között a 2. fejlődési szakaszban (4–5. nap) mutatkozott több elhalás, addig mindhárom PAH vegyület injektálásának hatására az 1. fejlődési szakaszban (1–3. nap) lépett fel nagyobb arányú embriómortalitás (3. táblázat). Mindez a vegyületek toxicitásának azonnali megnyilvánulását mutatja, amennyiben a méshéj készletető funkciója nem működik.

A fűröszteses csoportokban a benz(k)fluorantén hatására az 1. fejlődési szakaszban, a cito- és organotipikus folyamatok idején kialakuló elhalások aránya szintén nőtt a 2. szakaszhoz képest (3. táblázat), ami azt mutatja, hogy a vegyület a fűrösztest követően viszonylag hamar átjut a tojáshéjon, eléri az embriót, és fokozza a kezdeti igen érzékeny időszak során fellépő elhalást.

Mindhárom vegyület teratogén hatásának bizonyult a tökéscréce embriókra. A rendelkezések kialakulása 15–26 %-kal nőtt az injektálással, 6–22 %-kal a fűröszteséssel kezelt csoportokban (2. táblázat). Mindez azt mutatja, hogy a PAH vegyületek kifejezett teratogén potenciállal rendelkeznek. Mindkét expozíciós mód mellett a benz(a)pirén okozta a legtöbb rendellenességet. Ezen vegyület teratogén hatását madarakban más szerzők is leírták (BRUNSTRÖM et al. 1990; HOFFMAN & GAY 1981). Az érzékenységet az egyes vegyületek teratogén hatásával szemben a következőképpen alakult:

benz(a)pirén > benz(k)fluorantén > fluorantén.

Az injektálással kezelt csoportokban a benz(a)pirén hatására több embriónál is tapasztaltunk testi torzultságot és a szikérhálózat gyenge fejlettségét vagy hiányát. A benz(k)-fluorantén és a fluorantén is elsősorban a szikérhálózatra hatott károsan. Mindhárom anyag

hatására nőtt a diffúz bevértések (törzsön és végtagokon) és a szem rendellenességek előfordulása. A fűrésztéssel kezelt csoportokban a benz(a)pirén elsősorban a szikérhálózatot károsította, valamint szem rendellenességeket és testszerte diffúz bevértéseket okozott. A benz(k)fluorantén hatására szintén szikérhálózat és szem rendellenességek fordultak elő a leggyakrabban. A fluorantén elsősorban törpenövést okozott és a szikérhálózatot károsította.

Mivel a PAH vegyületek embriotoxicitását (letális és teratogén hatását) leíró más szerzők a vegyületeket olajos közegben vizsgálták (BRUNSTRÖM et al. 1990; HOFFMAN & GAY 1981), ezért ezen irodalmi adatokat a saját adatainkkal nem tartjuk célszerűnek összehasonlítani.

Az ismertetett tények értelmében összefoglalva megállapítható, hogy a PAH vegyületek a madarak embrionális fejlődésére gyakorolt hatásuk alapján igen káros és veszélyes anyagoknak tekinthetők. Különösen veszélyes teratogén hatása miatt a benz(a)pirén és a benz(k)fluorantén. Ezen vegyületek a tojásba bejutva és az embriót elérve a fejlődés korai szakaszában (a cito- és organotipikus szakaszban) nagymértékű embrióhalandóságot és különböző típusú fejlődési elváltozásokat okoznak. Elsődlegesen a szikérhálózatot, a keringési rendszert károsítják, rendellenes szemfejlődést idéznek elő, és testszerte diffúz bevértéseket okoznak. Ezek az elváltozások előbb vagy utóbb letális következményekkel járnak.

### *Keltethetőségi vizsgálat*

#### *Kontroll*

A kontroll csoport kelési eredménye (78,9 %) jónak mondható a zárttéri tenyészetekben tapasztalt 71,1 %-os átlagos kelési eredményhez képest. Az intenzív zárttéri tenyésztés során nyert tökésréce tojások keltetési eredménye 62,9–79,3 % közé esik (NAGY 1990). Az előkeltesítés során a termékeny tojások 15,6 %-a esett ki a vizsgálatból, a bujtatás során további 5,5 % (4. táblázat). A kikelt naposállatok egyöntetűen egészségesek és életképesek voltak, kelésgyenye nem volt közöttük. Az állatok keléskori testtömege valamint szív- és májtömege a fajra jellemző volt (5. táblázat).

#### *Kezelt csoportok*

A PAH vegyületek injektálását követően a tojások keltethetősége jelentős csökkenést mutatott (4. táblázat). A benz(a)pirénnel való kezelés hatására a tökésrécetojások keltethetősége 19 %-kal csökkent ( $p < 0,01$ ). A benz(k)fluorantén hatására a tojások 48 %-kal keltek gyengébben ( $p < 0,001$ ), mint a kontroll csoport. A fluorantén injektálás a kelési eredményt 40 %-kal rontotta ( $p < 0,001$ ). A naposkacsák testtömege illetve szervtömege nem tért el a kontrolltól (5. táblázat).

A fűrésztéssel bejutó kis mennyiségű anyag hatására is minden kezelési csoportban csökkent a kelési eredmény, bár kisebb mértékben, mint azt az injektálós expozíciót követően láthattuk (4. táblázat). A benz(a)pirénnel történő fűrésztés 3 %-kal csökkentette a keltethetőséget. Benz(k)fluorantén hatására 11 %-kal romlott a tökésrécetojások keltethetősége. A fluorantén kezelés 9 %-os csökkenést okozott a tojások keltethetőségében. A naposkacsák testtömege illetve szervtömege nem tért el a kontroll csoportban mért értékektől (5. táblázat).

A fent leírtak értelmében a három vegyülettel szembeni érzékenység csökkenő sorrendben a következőképpen alakult:

benz(k)fluorantén > fluorantén > benz(a)pirén.

Ezzel összhangban áll a korai embrionális vizsgálat eredménye, mely során a vegyületek letális hatását tekintve hasonló sorrendet tapasztaltunk.

Emlősökben kimutatták, hogy az intrauterin időszakban már olyan mikroszomális enzimek működnek, melyek a poliaromás szénhidrogének metabolizációja során az eredeti vegyületeknél toxikusabb végterméket állítanak elő (NEBERT 1978). A PAH vegyületek toxikus hatását madárembriókban az is fokozza, hogy az említett metabolizációs folyamat nagyobb kapacitással zajlik a madárembriók szervezetében, mint az emlősökében (JELLINECK & SMITH 1973).

### *Szövetteni vizsgálat*

A madarak vonatkozásában a xenobiotikumok hepatotoxicitásáról szóló irodalmi adatok elsősorban a májban mért koncentrációkra, a toxicitás kialakulásához szükséges dózis szint megállapítására, illetve a máj makroszkopikus elváltozásaira korlátozódnak (BURGER & GOCHFELD 1985; JAMAL et al. 1991; NYHOLM 1998; BURGER & GOCHFELD 1999; MYKLEBUST & PEDERSEN 1999; PACE et al. 1999). A vizsgálatok jelentős részét elhullott vagy betegen begyűjtött fiatal illetve felnőtt madár példányokon végezték. A tojásba bejutó és az embrionális fejlődés normális menetébe beavatkozó anyagok májra gyakorolt hatásáról kevés adat áll rendelkezésre.

A poliaromás szénhidrogén vegyületek embrionális májra gyakorolt hatásáról igen hiányos a szakirodalom. BRUNSTRÖM et al. (1990) több különböző PAH vegyület hatására is a máj degeneratív elváltozását tapasztalták tyúkembriókban.

A három különböző anyaggal végzett vizsgálataink a májban csak a károsodás mértékében eltérő, de hasonló jellegű elváltozásokat fedtek fel. Az igen alacsony környezeti koncentrációk hatására is enyhe-súlyos mértékű disztrófiát találtunk (mely a májsejtek elhalásában nyilvánult meg) a kezelt tojásokból kikelt, életképesnek mutató naposkacsák májában. Mindez arra enged következtetni, hogy az inkubáció kezdete előtt a tojásba jutott anyag a máj fejlődése során is jelen van a tojásban és a magzati korban már funkcionáló májban irreverzibilis károsodást képes okozni.

A máj disztrófia és nekrosis kialakulásának egyik jellemző oka a véráram által szállított toxikus anyagok káros hatása lehet. A folyamat a májműködés zavarára vezet, általában sárgaságot, idegrendszeri tüneteket eredményez és végül a májműködés teljes csődje, máj-kóma következhet be (KARDEVÁN 1976).

Mivel a keltethetőségi vizsgálat végén kikelt naposállatok életerősnek tűntek, sárgaságot, idegrendszeri tüneteket nem tapasztaltunk, kelésgyengeség csak elenyésző mértékben fordult elő, és testtömegüket tekintve sem különböztek a kontroll csoportban kelt kacsáktól, igencsak figyelemfelkeltő az a tény, hogy a májuk ugyanakkor károsodást szenvedett már az inkubáció során. Mindez arra enged következtetni, hogy a látszólag ép és vitális állatok májműködése nem megfelelő, hiszen a májnak kisebb nagyobb része károsodást szenvedett, az elhalt részek nem funkcióképesek. Bár vizsgálataink a kelés utáni időszakra

már nem terjedtek ki, feltételezhető, hogy az elhalás mértékétől függően a nem megfelelő májműködés következtében az épnék tűnő állatok túlélési esélyei csökkentek volna.

### ***A mészhéjak adszorpciós képességének vizsgálata***

Az egyes baromfifajok és fajták tojásainak héja, sőt ugyanazon fajta egyedei között is lényeges eltérés van (KISS 1968). A madarak tojásának héját az összes faj közül leginkább a házityúk vonatkozásában vizsgálták (ROMANOFF & ROMANOFF 1949; NEEDHAM 1963).

A tökésrécetojások mészhéjának vizsgálata során kapott eredményeket a házityúk mészhéjáról korábban szerzett eredményeinkkel (KERTÉSZ et al. 1999) összehasonlítva a következő információt kaptuk:

A fajlagos felület, mely igen nagy szerepet játszik a felületre kerülő anyagok megkötésében és így a tojásba való bejutásuk elősegítésében, a tökésrécetojások mészhéja esetében mintegy 20–30 %-kal nagyobb a házityúk mészhéj fajlagos felületéhez viszonyítva. Ez az állítás a tojások tompa és hegyes vége, valamint a mediális sík esetében is fennáll. Ennek értelmében a tökésrécetojások nagyobb felülete kedvezőbb az adszorpciós folyamatok végbemenetele szempontjából.

A tökésréce és tyúk mészhéj pórustérfogata a tojások tompa végén és a mediális részen megközelítőleg egyforma, a hegyes vég pórustérfogata azonban a tökésrécetojás esetében mintegy 25 %-kal nagyobbak mutatkoztak.

A tökésréce mészhéjak kumulatív pórustérfogat-closzlása alapján megállapítható, hogy a pórustérfogat a mészhéj mediális síkjában a legkisebb, ahol jobbra kevesebb, de nagyobb átmérőjű pórus található. Az anyag transzport feltételezhetően a tojás ezen régiójában a legkevésbé intenzív. A tökésrécetojások tompa végének pórustérfogat-closzlása a tyúkttojásokéhoz viszonyítva mintegy 30 %-kal nagyobb, ami a különböző méretű pórusok nagyszámú előfordulásának köszönhető. Mindez az anyag transzport szempontjából igen kedvező.

A tökésréce mészhéjának morfológia vizsgálata során nyert információ, melynek értelmében a tökésréce mészhéja – a házityúk tojásának héjához viszonyítva – meglehetősen nagy fajlagos felülettel és pórustérfogattal rendelkezik, magyarázatul szolgálhat az embriónális és keltethetőségi vizsgálataink során kapott eredményekre. Az alacsony környezeti koncentrációkkal történő fűrésztéses kezelés hatására is csökkenés mutatkozott az embriók életképességében és a keltethetőségben, ami nemcsak arra utal, hogy a tökésrécetojások porózus mészhéjukon keresztül toxikus mennyiségű vízben oldott szennyezőanyagot vehetnek fel, hanem arra is felhívja a figyelmet, hogy mindez hosszútávú hatásként jelentősebb kieséshez vezethet egy állomány szintjén.

**Köszönetnyilvánítás.** A szerzők köszönettel tartoznak a vizsgálatok kivitelezésében résztvevő minden kollégájuknak áldozatos segítségükért.

## Irodalom

- BARETT E. P., JOYNER L. G. & HALENDA P. P. (1951): – J. Am. Chem. Soc. 73: 373.
- BRUNSTRÖM B., BROMAN D. & NÄF C. (1990): Embryotoxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in three domestic avian species, and of PAHs and coplanar polychlorinated biphenyls (PCBs) in the common eider. – Environ. Pollut. 67: 133–143.
- BURGER J. & GOCHFELD M. (1985): Comparisons of nine heavy metals in salt gland and liver of greater scaup (*Aythya marila*), black duck (*Anas rubripes*) and mallard (*A. platyrhynchos*). – Comp. Biochem. Physiol. 81: 287–292.
- BURGER J. & GOCHFELD M. (1999): Heavy metals in Franklin's gull tissues: Age and tissue differences. – Environ. Toxicol. Chem. 18(4): 673–678.
- EDENS F. W. & GARLICH J. D. (1983): Lead-induced egg production decrease in Leghorn and Japanese quail hens. – Poultry Sci. 62: 1757–1763.
- EL-SEBAI A., ABAZA M., SZILÁGYI M., SZALAY I., SANKARI M., PAIS I., ANKE M. & MEISSNER D. (1994): Physiological and biochemical parameters in chicken exposed to cadmium. – Mengen- und Spurenelemente. 14. Arbeitstagung, Jena 25–26. November 1994., pp. 435–440.
- FARAGÓ S. (2000): Gerinces állatfajok védelme. – Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar jegyzete, Sopron.
- GAD S. C. & WEIL C. S. (1994): Statistics for toxicologists. – In: HAYES W. (ed.). Principles and methods of toxicology. Raven Press, New York, pp. 221–274.
- HAVASI A. (1982): A vadkacsa reprodukciós képessége zárttéri viszonyok között. – Doktori értekezés, GATE, Gödöllő.
- HOFFMAN D. J. (1990): Embryotoxicity and teratogenicity of environmental contaminants to bird eggs. – Rev. Environ. Contam. Toxicol. 115: 39–65.
- HOFFMAN D. J. (ed.) (1995): Handbook of Ecotoxicology. – CRC Press Inc., Florida.
- HOFFMAN D. J., FRANSON J. C., PATTEE O. H., BUNCK C. M. & MURRAY H. C. (1985): Biochemical and hematological effects of lead ingestion in nestling American kestrels (*Falco sparverius*). – Comp. Biochem. Physiol. 80(C): 431–439.
- HOFFMAN D. J. & GAY M. L. (1981): Embryotoxic effects of benz(a)pyrene, chrysene, and 7,12-dimethylbenz(a)anthracene in petroleum hydrocarbon mixtures in mallard ducks. – J. Toxicol. Environ. Health. 7: 775–787.
- JAMAL Z. M., VJEKOSLAV S., JELENA P. G. & EMIL S. (1991): Distribution of chromium in the internal organs of potassium chromate treated chicks. – Vet. Hum. Toxicol. 33: 223–225.
- JELLINECK P. H. & SMITH G. (1973): Arylhydroxylase induction in the chick embryo by polycyclic hydrocarbons. – Acta Biochim. Biophys. 304: 520–525.
- KARDEVÁN A. (1976): A háziállatok körbonctana 1–2. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- KERTÉSZ V., HLUBIK I. & KOVÁCS J. (1999): The role of the eggshell in the transport of Cadmium to the developing bird embryo. – Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Environmental Engineering, Veszprém.
- KISS I. (1968): Baromfikelletés. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- MYKLEBUST I. & PEDERSEN H. C. (1999): Accumulation and distribution of cadmium in willow ptarmigan. – Ecotoxicology. 8(6): 455–463.
- NAGY E. (szerk.) (1990): Szárnyasvadtenyésztés. – GATE, Gödöllő.
- NEBERT D. W. (1978): Genetic differences in drug-metabolizing enzymes that might effect teratogenesis. – Teratology. 17: 30–31.
- NEEDHAM J. (1963): Chemical embryology. – Hafner Publishing Company, New York.
- NYHOLM N. E. I. (1998): Influence of heavy metal exposure during different phases of the ontogeny on the development of Pied Flycatchers, *Ficedula hypoleuca*, in natural populations. – Arch. Environ. Contam. Toxicol. 35: 632–637.



- PACE R. M., HOHMAN W. L. & CUSTER T. W. (1999): Lead effects on body composition and organ size of wintering canvasbacks *Aythya valisineria* in Louisiana. – *Wildl.-Biol.* 5: 3–10.
- ROMANOFF A. L. & ROMANOFF A. J. (1949): *The avian egg*. – John Wiley and Sons, New York.
- STERBETZ I. (1972): *Vízivad*. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- TULLETT S. G. & DEEMING D. C. (1982): The relationship between egg shell porosity and oxygen consumption of the embryo in domestic fowl. – *Comp. Biochem. Physiol.* 72(A): 529–533.
- TYLER C. (1955): Studies on egg shells. VI. – The distribution of pores in egg shell. – *J. Sci. Food. Agric.* 6: 170–176.
- VODELA J. K., LENZ S. D., RENDEN J. A., MCELHENNEY W. H. & KEMPPAINEN B. W. (1997): Drinking water contaminants (arsenic, cadmium, lead, benzene, and trichloroethylene). 2. Effects on reproductive performance, egg quality, and embryo toxicity in broiler breeders. – *Poultry Sci.* 76: 1493–1500.

## The effects of PAH compounds on the embryogenesis of the mallard

VIRÁG KERTÉSZ & JÓZSEF KOVÁCS

The effects of three polycyclic aromatic hydrocarbons (benzo(a)pyrene, benzo(k)fluoranthene, fluoranthene) were studied on the embryogenesis and hatching success of the mallard, as well as on the viability of the ducklings. The physical parameters of the mallard eggshell which play important role in the mass transfer characteristics were also studied. The eggs were treated – injected or immersed – prior to incubation. During early embryogenesis benzo(k)fluoranthene proved to cause the highest rate of mortality, while benzo(a)pyrene was the most teratogenic compound. The most significant decrease in hatching success was caused by benzo(k)fluoranthene. The histopathologic study of the liver of hatched ducklings revealed dystrophia in the form of hepatocyte necrosis. Although the posthatching development and viability of the ducklings were not studied, it is presumable with good reason that the treated animals would have perished within a short time due to the failure of liver functions. The study of the eggshell characteristics has revealed that the specific surface area and the pore volume of the mallard eggshell are relatively big (approx. 25 % bigger than those of the hen eggshell) which enables the transfer and accumulation of water-soluble compounds in the eggs in toxic concentrations.



## Az Állattani Szakosztály ülései (1999. október 6. – 2000. szeptember 6.)

NAGY PÉTER\*

Szent István Egyetem Állattani és Ökológiai Tanszék, H-2103 Gödöllő, Páter K. u. 1.

### 896. előadórés, 1999. október 6-án

Elnök: VÁSÁRHELYI TAMÁS.

1. BALOGH JÁNOS: *A GELEI JÓZSEF díjas ANDRÁSSY ISTVÁN köszöntése*. Előadó meleg szavakkal méltatta közeli munkatársa, a több évtizedes kutatói valamint tudományszervezői tevékenységének elismerésül GELEI JÓZSEF díjjal kitüntetett ANDRÁSSY ISTVÁN munkásságát. ANDRÁSSY ISTVÁN mintegy fél évszázada kutatja világviszonylatban is kiemelkedő színvonalon a szabadon élő fonálférgek taxonómiáját. Nevéhez több tucat új faj leírása és számos, máig érvényes taxon felállítása, egész fonálférgek csoportok rendszertani revíziója fűződik, sőt egyik munkája új alapokra helyezte a fonálférgek fejlődéstörténeti rendszeréről alkotott képünket. Mindemellett több, mint 40 éven át szerkesztette a hazai zoológus társadalom egyik legjelentősebb tudományos fórumát, az Állattani Közleményeket.

2. ANDRÁSSY ISTVÁN: *Visszapillantás*. A díjazott előadásában áttekintette pályafutásának legfontosabb eseményeit. Megemlékezett munkásságának néhány fejezetéről, sikerélményekről és nehezebb pillanatokról, amelyekkel nematológiai kutatásai, illetve az Állattani Közlemények szerkesztése kapcsán találkozott.

3. BAKONYI GÁBOR: *Tudományos folyóirat készítésének, szerkesztésének örömei és nehézségei napjainkban*. Az Állattani Közlemények új szerkesztőbizottságának vezetője bemutatta a nagy hagyományokra visszatekintő tudományos folyóirat frissen megjelent 82. kötetét. Beszámolt azokról a problémákról is, amelyek a kötet összeállítása során felmerültek. Szólt az új és régebbi kötetek megvásárlásának lehetőségeiről és a tagság együttműködését kérte a további zökkenőmentes megjelenés elősegítéséhez. Az előadórés során lehetőség nyílt az Állattani Közlemények új és néhány régebbi kötetének megvásárlására.

### 897. előadórés

Egy adminisztratív lépés következtében az ülések számozásában tévedés történt. A „kiesett” 897. rés 2001. november 5-én pótlásra került.

### 898. előadórés, 1999. november 3-án

*A Magyar Emlőstani Társaság és az Állattani Szakosztály közös előadórés*

Elnök: VÁSÁRHELYI TAMÁS és MÉSZÁROS FERENC.

VÁSÁRHELYI TAMÁS köszöntötte a hallgatóságot, mint a Múzeum tetőterében első ízben megrendezett tudományos előadórés közönségét.

1. CSORBA GÁBOR: *Denevérek, baglyok és csontvázak a padláson*. Az MTM 3 gyűjteményének költöztetése. A beruházási munkálatok és a költözködés folyamata komoly viszontagságokkal jártak a múzeum dolgozói számára, de a gyűjteményt sikerült megkímélni a komolyabb károsodásoktól. Az új

---

\* Az Állattani Szakosztály jegyzője.

épületrészekben komoly technikai apparátus (például klímaberendezés, hűtőrendszer, tűzoltó- és mozgásérzékelő készülék) felügyeli a gyűjtemények állapotát és biztonságát. Komoly egészségügyi, járványügyi és biztonsági szempontok szem előtt tartásával hozták létre az új munkahelyeket, tároló és bemutató helyiségeket. Első lépésként az Embertani Tár, a Madárgyűjtemény, az Emlősgyűjtemény és az Ökológiai Csoport költözött az új épületrészekbe. A Madárgyűjtemény jellemzőiről elhangzott, hogy a világ egyik legjelentősebb ilyen kollekciójaként számon tartott, mintegy 40 000 tételből álló korábbi gyűjtemény 1956-ban megsemmisült. Mára körülbelül 16-17 000 tételt sikerült összegyűjteni. A gyűjtőmunka során a változatosságra törekednek, mind a bemutatóanyag, mind a később vizsgálható tételek terén. Az Emlősgyűjteményt nem érték hasonlóan nagy károk az 1956-os harcok során, azóta azonban szenvedett „békebeli veszteségeket”, például a rossz tárolási körülmények miatt. Mára javult a helyzet, az új helyre költözés pedig komoly reményt jelent az optimális körülmények elérésére. A gyűjtemény mintegy 40 000 tételből áll, amelynek 3/4 része iktatott, hosszú távon megtartható példány, körülbelül 1000 darabot pedig cserére szánnak. A cél a gyűjtött hazai és világanyag folyamatos fejlesztése. HARGITAI BRECHT ANDRÁS megkérdezte, hogy várható-e régészeti vizsgálat az udvar feltárása során, például hadtörténeti érdekességek esetleges feltárása érdekében. Az Előadó újabb régészeti kutatások terveiről nem hallott, de tudomása szerint a tervezőiroda végzett előzetes vizsgálatokat és a műemlékvédelemmel is egyeztettek. DEMETER ANDRÁS az iránt érdeklődött, hogy hová rangsorolható jelenleg világviszonylatban az Emlősgyűjtemény. CSORBA GÁBOR válaszában elmondta, hogy Európában a legjobb 10 gyűjtemény közé sorolható, világviszonylatban pedig az első 20-25 hely valamelyikére, amit nehéz pontosabban behatárolni, a gazdag és gyorsan fejlődő Egyesült Államokbeli gyűjtemények jelentős száma miatt.

2. *Az új Madárgyűjtemény, Emlősgyűjtemény és az Embertani Tár megtekintése.* Az ülés résztvevői körbesétáltak az újonnan átköltözött részlegek helyiségeiben és megismerkedtek a Gyűjtemények legérdekesebb darabjaival, számos kulisszatitkával. Az Embertani Tár bejárást SZIKOSI ILDIKÓ vezette.

#### 899. előadóülés, 1999. december 1-én

Elnök: VÁSÁRHELYI TAMÁS

1. BOGNÁR SÁNDOR: *A Herman Ottó díjas NAGY BARNABÁS köszöntése.* A Herman Ottó díj tárgyévii kitüntetettjét méltató előadás ismertette a hazai zoológia egyik „Nagy Öregének” bő félévszázados munkásságát.

2. NAGY BARNABÁS: *Orthopterológia a Kárpát-medencében.* A díjazott összefoglalta elődeinek a témában kifejtett munkásságát, valamint saját több évtizedes, hazánk egyenesszárnú-faunájának feltárására irányuló kutatásait. Előadásában tartalmas életpályája során összegyűjtött rengeteg élettapasztalatára alapozott érdekes beszámolót nyújtott át a hallgatóságnak.

3. MÉSZÁROS FERENC ÉS HORVÁTH CSABA: *A múzeológus Petényi Salamon János. Megemlékezés a 200 éve született Petényi Salamon Jánosról.* Az előadás apropóját a jubileum alkalmából a – Herman O. szavaival – „a magyar tudományos madártan megalapítója” emlékére megjelentetendő életrajzi kötet összeállítása adta. Megismerhettük PETÉNYI természettudósi munkásságának főbb vonulatait. Elsősorban a madárvilág bővületében ténykedő zoológusként, de muzeológus-tudományszervezőként és az állatvédelem szószólójaként is egyaránt jelentős életművet alkotott, még ha életében kevés közleménye jelent is meg nyomtatásban és - különböző, alapvetően kívülálló okok miatt - nem aratott méltó elismerést. A kötet összeállításának célja egyrészt a tisztelgés volt a korai magyar zoológia egyik nagy alakjának emléke előtt, másrészt egy olyan adósság törlesztése, amelyet az elmúlt évtizedek tudománypolitikája halmozott fel a magyar természettudományos kutatások korai szakaszának feltárásában, elismerésében.

4. SZINETÁR CSABA: *Arachnológiai kutatások a Kárpát-medencében Herman Ottótól az ezredfordulóig.* CHYZER KORNÉL és KULCZYNSKI ULÁSZLÓ *Araneae Hungariae* című monográfiája 1897-ben

készült el. Ezt követően csak 1999-ben jelent meg a pókoknak Magyarország mai területére vonatkozó faunalistája. Ennek a közleménynek a megjelenése szolgáltatta az aktualitását ennek a megemlékezésnek. Az előadás azon arachnologusok tiszteletére hangzott el, akik tudományterületük művelésével nemzetközi hírnevet szereztek a Kárpát-medencében folyó pókászati kutatásoknak. A legkiemelkedőbb kutatók (HERMAN OTTÓ, LENDL ADOLF, CHYZER KORNÉL, KULCZYNSKI ULÁSZLÓ, KOLOS-VÁRY GÁBOR, BALOGH JÁNOS és LOKSA IMRE) tevékenységének rövid ismertetésén túl az előadás befejező része összefoglalta azokat a jelenben folyó kutatási témákat, melyek néhány hazai műhelyhez kötődően a 90-es években zajlottak, illetve zajlanak.

### 900. előadói ülés, 2000. január 12-én

Elnök: VÁSÁRHELYI TAMÁS.

1. VÁSÁRHELYI TAMÁS: *Gondolatok a 900. előadói ülés elé.* Az előadás szövege a jelen kötetben olvasható.

2. ORCI KIRILL MÁRK: *Az Euchortippus genus (Orthoptera) európai fajainak összehasonlító vizsgálata hangjuk és morfológiai sajátosságai alapján.* A genus 3 vizsgált faja: *E. chopardi*, *E. declivus* és *E. pulvinatus*. Utóbbi faj *E. p. pulvinatus* nevű alfaja morfológiai bélyegek alapján közelebb áll az *E. chopardi* fajhoz, mint az *E. p. gallicus* alfajhoz. Ennek alapján az *E. p. gallicus*-t indokolt lenne *E. gallicus* néven új fajként szerepeltetni a jövőben. A hangmintázatokat oszcillogramok segítségével, echeme-szekvencia alapján vizsgálta. SZIRÁKY GYÖRGY megkérdezte, milyen paramétereket mért a szerző és vizsgált-e Kelet-európai gyűjtésű egyedeket is. Előadó válaszában felsorolta 11 mért paramétert és elmondta, hogy a volt Szovjetunió területéről származó hivatkozások is megerősítik a korábban elhangzottakat.

3. KOVÁCS TIBOR: *A kis-balatoni kecskebéka (Rana esculenta complex) populációk fajösszetételének változása.* A vizsgálat tárgyát a *Rana* genus vízi életmódú fajai, az ún. „zöld békák” (*Pelophylax* subgenus) képezték. A morfológiai alapon történő elkülönítés nehézségeinek alapja az, hogy az egykori tiszta fajok olyan hibrideket hoztak létre, amelyek szaporodóképesek és bármely szülő-fajjal vissza tud kereszteződni. Ennek következtében az abszolút biztos faji szintű határozás biokémiai módszerek (például tejsav dehidrogenáz, illetve izoenzimek vizsgálata) alapján lehetséges. A vizsgálat 8 éve alapján mintegy 660 egyed adatainak mérése alapján megállapítható, hogy a Kis-Balaton II. ütemének részleges elárasztása befolyásolja az állomány faji összetételét. A kialakult mocsári körülmények nem a nyílt vízi viszonyokat kedvelő tavi békának, hanem a kis tavi békának kedveznek, így ezen a területen ez lett az elterjedtebb. VÁSÁRHELYI TAMÁS javasolta a hangulatosabb „kacagó béka” név használatát a *Rana ridibunda* fajra. Előadó a hivatalos terminológiára hivatkozott.

4. LUDÁNYI ISTVÁN, BORNYIK TAMÁS, LADOS MIKLÓS: *RAPD módszer a mézelő méh (Apis mellifera L.) taxonómiájában.* A módszer bevezetésének oka az volt, hogy az afrikai „gyilkos méhek” elkülönítése a „szelíd” csoportoktól morfológiai alapon nem, csak molekuláris eszközökkel lehetséges. A módszer lépéseinek, előnyeinek és gyengéinek rövid bemutatását követően hallhattunk alkalmazásának néhány eredményéről. Kiderült például, hogy a méhkirálynők 150 éven át alkalmazott behozatala Spanyolországból Marokkóba nem befolyásolta kimutathatóan a helyi állomány összetételét. A méhek evolúciójának vizsgálata során kimutatott 3 fő vonal az afrikai, az Észak-Mediterrán és a Nyugat-európai. A kaukázusi alfaj közelebbi rokonságban áll a európai, mint az afrikai alfajjal. Ennek oka az lehet, hogy az európai méhek valószínűleg a kaukázusból és nem Afrikából terjedtek el. SZALAY LÁSZLÓ azt kérdezte, alkalmas-e az eljárás a hazai „tisza” méhállomány fenntartására, kiszűrve az importált elemeket. A válaszadó szerint a módszer alkalmazható ilyen célokra is. PÁSZTOR ERZSÉBET szerint az ilyen módszerek például szabad szemmel meg nem figyelhető bélyegek, tényezők vizsgálatára alkalmasak. HIDAS ANDRÁS kiemelte a DNS épségének fontosságát az ilyen vizsgálatokban.

Az előadásokat MATSKÁSI ISTVÁN pohárköszöntője követte, a Szakosztály jubileuma alkalmából. Utána VÁSÁRHELYI TAMÁS mutatott be szemelvényeket a Szakosztály múltjából a Természettudományi Múzeum tudománytörténeti gyűjteménye alapján. Régi zoológusok használati tárgyai közül bemutatásra került például MIHÁLYI FERENC tűzőcsipesze, KEVE ANDRÁS koreai verebe, MOCSÁRI SÁNDOR rovarpreparátumai és monográfiája. Ezt követően MÓCZÁR LÁSZLÓ röviden méltatta MOCSÁRI SÁNDORT, SZÉLL GYÖZÖ beszélt CSIKI ERNŐRŐL, a Múzeum igazgatójáról, MERKL OTTÓ KASZAB ZOLTÁN mongóliai gyűjtéseiről, VÁSÁRHELYI TAMÁS HORVÁTH GÉZÁRÓL, BÍRÓ LAJOS használati tárgyaitól. Megtekinthettük HERMAN OTTÓ 1888-as norvégiai útinaplóját, a Szakosztály jelenléti naplóját az 1938-1948 közötti időszakból, valamint egy szakosztályi kirándulás csoportképét egy 1894-es fiumei rendezvényről. Végül KORSÓS ZOLTÁN szemelvényeket mutatott be a Szakosztály történetéből.

### 901. előadózás, 2000. február 2-án

Elnök: VÁSÁRHELYI TAMÁS.

1. ROSIVALLI BALÁZS, TÖRÖK JÁNOS: *Fiókák közötti táplálékelosztás egy énekesmadár-fajnál*. A szaporodási sikerrel jellemzett szülői rátermettséget alapvetően két tényező határozza meg. Ezek az utódokba fektetett teljes energia mennyiség és ennek megoszlása a fiatalok között. A tojásrakás után bekövetkező környezeti változások kompenzálására a szülőknél táplálékelosztási preferenciák alakulhatnak ki, melyek szélsőséges esetben fészekalj csökkenést is eredményezhetnek. Az utódok közti genetikai és fenotípusos különbségek azonban a várható nyereség/költség eltérés miatt állandó környezeti feltételek között is létrehozhatnak szülői részrehajlást. A vizsgálatok célja az örvös légykapó szülők táplálékelosztás során mutatott preferenciáinak meghatározása volt, valamint az, hogy a részrehajlás miként változik a fiókák fejlődése során. Ehhez 4-5. illetve 10-11 napos korban a kiválasztott fészekedőben készített videofelvételek szolgáltak alapul. Először természetes fészekaljak filmezésére került sor, majd a fiókák méretének és pozíciójának kísérletes kontrollálására. Az etetések eloszlása a fészkekben nem volt egyenletes. Mindkét szülő előnyben részesítette a fészkek bizonyos helyeit. A két szülő által preferált pozíciók eltérőek voltak. A táplálékot kérő viselkedés intenzitása szintén befolyásolta a szülők döntését. A táplálékelosztás során a szülők azokat az utódokat részesítették előnyben, melyek nagyobb intenzitással kérték a táplálékot. A fiókák ivara, mérete, kondíciója nem volt hatással a szülői döntésre.

2. TÖRÖK JÚLIA, BÉRES TIBOR: *Titokzatos Létfarmák - az Adria gerinctelen állatvilága*. Érdekes videofilm-részleteket láthattunk a környező tengerek közül legváltozatosabb élővilága révén kiemelkedő Adria gerinctelen állatairól, a *Kékség Forgatócsoport* munkatársai által vízalatti kamerával felvett anyagok alapján. Az összesen mintegy három és negyed órás oktatófilm tizenöt 12-15 perces epizódokból áll. Döntően rendszertani csoportosítás szerint követik egymást az állatcsoportok, a szivacsoktól a zsákállatokig bezárólag. 171 állatfaj, 12 növényfaj és 3 egysejtű csoport képviselői a főszereplők. Az állatok között olyan csoportok is szerepelnek, amelyek nem gyakran láthatók filmekben (de még hazai könyvekben sem), pl. telepes *Hydrozoa*, zsinórférgek, csupalábállatok, stb. Természetesen a legismertebb tengeri állatok (korallak, homár, polip stb.) is képviseltetik magukat a filmben. Egyes parányi, szabad szemmel alig látható élőlények (vagy azok közeli részleteinek) bemutatására mikroszkópos felvételek szolgálnak. Az iskolai oktatásban való egyszerűbb alkalmazás végett a filmet epizódokként külön kazettákon lehet megtekinteni. A 15 kazettán elhelyezett anyaghoz ismertetőfüzet is készült, amely felsorolja a filmben szereplő élőlényeket, a filmben látható sorrendben, megadva azok méretét, jellemző élőhelyét is. A nagyközönségben kívül iskolások és állatrendszertanulók egyetemisták is profitálhatnak a filmsorozat megtekintéséből.

## 902. előadóülés, 2000. március 8-án

Az előadóülést az Állattani Szakosztály választmányának ülése előzte meg.

Elnök: VÁSÁRHELYI TAMÁS.

Az előadóülés központi témája a vonuló madár szakcsoport bemutatkozása volt.

1. CSÖRGŐ TIBOR, MIKLAY GYÖRGY: *A Fekete-tenger partvidékének szerepe a nádi poszták vonulásában.* A terület szerepe meghatározó volt a hazai vonuláskutatás földrajzi orientációja szempontjából a '90-es években. A foltos, a cserregő és az énekes nádiposzáta fajok mindegyike eltérő stratégiát folytat, amelynek fő szempontja a raktározott zsír mennyisége, a vonulás léptékének (pár száz- illetve ezer km-es szakaszok megtétele) megfelelően. A munka kiterjedt az egyes fajok által előnyben részesített táplálkozóhelyek és az alábbi paraméterek felmérésére: darabszám, korcsoportok aránya, átlagos tömeg, visszafogási %, átlagos tartózkodási idő, napi testtömeggyarapodás (%). A vizsgálat eredményei alapján kiemelhető a Duna-delta és a tengerparti nádasok fontossága, amelyek a tengeren történő átkelés előtt pihenő- és táplálkozóhelyként szolgálnak a vonuló madarak számára.

2. HALMOS GERGŐ, KOVÁTS LÁSZLÓ, VADÁSZ CSABA, CSÖRGŐ TIBOR: *A himalájai füzike őszi vonulása a Mongol-Altájban.* A vizsgálatok 1996 augusztusa és októbere között zajlottak Mongóliában. A távoli országban ebben az időszakban megfigyelhető volt a sisegő füzike kelet felé történő terjedése és a vörösbegy első előfordulása. A himalájai füzike vonulására két hullám volt jellemző. Az elkülönülés fő ismérve az volt, hogy a 2. hullámban szignifikánsan nagyobb testméretű madarak vonultak. Az okok mérlegelése során felmerült, hogy a vizsgált terület a faj költőterületének határa közelében van és az, hogy az öregek vonulása időben elkülönül a fiatalokétól.

3. CSÖRGŐ TIBOR: *A terepviszonyok jelentősége egyes fajok vonulásában.* A kiemelt példa szerint a Szahara átrepülése igen komoly próbatétel a kistestű énekesmadarak számára. Ezért a manőver megkezdése előtt fontos egy pihenés és táplálkozás céljait szolgáló periódus beiktatása. A legmegfelelőbb területet e célra a tunéziai partvidék lagúnái jelentik. A napjainkban tapasztalt turisztikai célú beruházások oda vezethetnek, hogy egy madárcsoport lehetőségei megszűnnek a vonulás ideális kivitelezésére. NAGY PÉTER megkérdezte, mi történhet a tunéziai lagúnák kiesése következtében. Előadó válaszában elmondta, hogy mivel nincsenek földrajzi alternatívák és a madarak genetikai rendszere különben is rendkívül szigorúan kódolt e téren, a legrosszabbakra kell számítani, ha ezek az élőhelyek végképp megszűnnek. FARKAS JÁNOS az iránt érdeklődött, hogy mekkorára tud hízni egy madár a vonulást megelőzően és mitől függ ennek mértéke. CSÖRGŐ TIBOR kifejtette, hogy általában 50-60%-nál nagyobb mértékű hízás nem gyakori, hiszen már ennyi tartaléktápanyag is nagyon jelentős ballasztot jelent. Vannak madarak, amelyek azzal hazardíroznak, hogy nem, vagy csak alig híznak meg. Így nagyobb sebességet érhetnek el, ami kedvező a vonulási célnál várható kompetíció következtében, viszont veszélyekkel is járhat, amennyiben nem várt problémák merülnek fel, amelyek megoldása tartaléktápanyagok meglétét igényelné. A vonulás időtartama és lebonyolítása korfüggő folyamat is, amennyiben az idősebb példányok előnyös helyzetben vannak nagyobb rutinjuk és tapasztalataik következtében. VÁSÁRHELYI TAMÁS azt kérdezte, hogy egy-egy faj tömeges előfordulása (ami gyakran megfigyelhető például a Hortobágyon) túlszaporodásra vagy valamilyen más okra vezethető-e vissza. Előadó azt válaszolta, hogy ilyesmi leggyakrabban megfelelő feltételek (például táplálék-bőség) esetén fordul elő.

4. CSÖRGŐ TIBOR, HALMOS GERGŐ, MEGYER CSABA, TAJTI LÁSZLÓ: *A 2000-es évek madártani expedíciótervei.* A hazai vonuláskutatók is egyre távolabbra kívánják kiterjeszteni tevékenységüket, amelynek egyik fő csapásiránya az Egyiptomon áthaladó útvonalak feltérképezése lenne. Ennek első lépéseként expedíciót szerveztek egy lehetséges egyiptomi támaszpont kiválasztása céljából. Az ülés utolsó előadásán ennek az expedíciónak az eseményeiből láthattunk diáképes bemutatót.

## 903. előadórés, 2000. április 5-én

Elnök: VÁSÁRHELYI TAMÁS.

1. HORVÁTH MÁRTON: *Az emberi zavarás hatása a parlagi sas (Aquila heliaca) fészkelőhely kiválasztására.* A faj elterjedésének szempontjai közül kiemelkedő fontosságúak voltak a Kárpát-medence nyújtotta kedvező környezeti feltételek. Az itt élő mintegy 100 pár a világszerte legjobban kutatott populációként minősíthető. Napjainkban azonban a kedvezőtlen körülmények súlya egyre nő. Ezek közül kiemelkednek az emberi eredetű zavaró tényezők, például a mezőgazdasági területhasználat, az erdőirtás vagy a turizmus, amelyek a táplálkozási-fészkelési viszonyokat is jelentősen befolyásolják. A vizsgálatok Északkelet-Magyarország 3200 km<sup>2</sup>-es területére terjedtek ki, amely a Mátra, a Bükk és a hevesi síkság egyes részeit foglalja magában. A vizsgálat során megállapították, hogy a hegyvidéki élőhelyek kedvezőbbek a faj szempontjából. A fészkelőhelyek mintegy 30%-a elvileg alkalmatlan lenne fészkelés céljára. A kapott eredmények és a fészkelőhelyek kiválasztását meghatározó egyéb szempontok tisztázása segíthet a faj védelmében. NAGY PÉTER megkérdezte, nincs-e ellentmondás a költő párok számának említett növekedése és a vázolt kedvezőtlen körülmények között? Az Előadó válasza szerint nincsen, mert egyelőre az Alföldre szorult párok számára kedvezőbben alakult táplálkozási viszonyok kompenzálják az egyéb zavaró körülmények hatásait.

2. PAPP LÁSZLÓ, DARVAS BÉLA: *A kétszárnyúak palearktikus kézikönyve.* Az előadásban a négykötetes alpmű fontosabb paramétereinek ismertetését hallhattuk. Számokban: a 4 kötet összes terjedelme 3054 oldal, tömege meghaladja a 7,7 kg-ot és több, mint 6700 rajz található benne. Az első kötet általános ismertetőt tartalmaz, a 2. és a 3. az egyes családokat mutatja be, míg a 4.-ben függelék, kiegészítés és kumulatív index található. A Palearktikum 130 légy családjának ismertetésén és határozkulcsain kívül genetikai és egyedfejlődéstani részek, valamint alkalmazott fejezetek (mezőgazdasági és erdészeti kártevők, állati élősködők és potenciális egzotikus kártevők ismertetése) is gazdagítják a kiadványt. Az olvasók újszerű taxonómiai megközelítésekkel is találkozhatnak, a hagyományos Nematocera és Brachicera alrendek helyett például egy öttagú felosztás alapján tárgyalja a rendet a könyv. A Szerző kifejezte köszönetét a kiadónak, a nyomdának, a szerzőtársaknak és a grafikusnak. SZAPPANOS ALBERTNEK. Végezetül néhány szubjektív megjegyzést hallhattunk, annak okairól, hogy miért nem teljes a könyv. Néhány légy családjának ismertetése és a természetes ellenségekről szóló fejezet ugyanis kimaradt, például a meghívott szerzők késedelmeskedése miatt. HORUNG ERZSÉBET méltatta a művet és köszönte a tiszteletpéldányokat a felhasználó tanszékek nevében. MAJER JÓZSEF csatlakozott az elismerő szavakhoz és méltatta a magyar dipterológiai kutatásokat. SOÓOS ÁRPÁD, KERTÉSZ KÁLMÁN és a jelen kutatóinak munkássága alapján. VÁSÁRHELYI TAMÁS kifejtette, hogy ennek a nemzetközileg is jelentős műnek a bemutatója szakmai ünnep. Büszkén állapította meg, hogy a Magyar Természettudományi Múzeum légy-gyűjteménye világviszonylatban is az egyik leg szebb kollektió és kifejezte azt a reményét, hogy a palearktikus Diptera katalógushoz hasonlóan ez a mű is közlési divatot teremt majd.

3. GERA PÁL: *Mi van a vidrafészkekben?* Videofilm-bemutatóval egybekötött előadást hallhattunk a vidrák ivadékgondozásának kulisszatitkairól. Bevezetésként a felvételek technikai hátterét ismerhettük meg, majd hallhattunk a vidrák ellést előrelépő viselkedéséről. A filmen az ellés, szoptatás és az utódgondozás különböző mozzanatait figyelhettük meg.

4. NAGY DÉNES, GERA PÁL: *Gyorsjelentés a tiszai vidraállománnyal kapcsolatban.* Bevezetésként a ciánmérgezés lehetséges hatásai és a terápiás lehetőségek kerültek ismertetésre. Vidrák esetében nincsenek egzakt mérési adatok a letális dózisra vonatkozóan, de a Tokajnál mért koncentrációértékek már valószínűleg nem voltak letálisak. Az állatok mérgezésnek való kitettségét csökkenti, hogy a mérgezett táplálékból valószínűleg nem vesznek fel túl sokat, mivel a cián szaga riasztóan hat rájuk. A Szamoson és a Felső-Tiszázn Tokajig nem találtak vidranyomokat a szennyezés óta, de a mellékágak és csatornák partján igen. Tokajtól délre újra észlelték vidrák előfordulását február vége óta. A faj főágban tapasztalt hiányának oka tehát nem a kipusztulás, hanem valószínűleg a halak próbahalászatok során is tapasztalt „eltűnése”. NAGY PÉTER azt kérdezte, terveznek-e a későbbiekben min-



távtelelezést vidrák testéből nehézfémek kimutatása céljából. A válasz nemleges volt, elsősorban a terepi munka nehézségei (például vidrabefogás) miatt. Ha azonban újabb tetemekre bukkannának, azokban - anyagi források megléte esetén - megvizsgálnák a szövetek nehézfém koncentrációját. HORNUNG ERZSÉBET is aláhúzta a nehézfémek vizsgálatának fontosságát a táplálékhálózatokban, akár a vidrák szintjén álló ragadozó szervezetekben is.

#### 904. előadórés, 2000. május 3-án

Elnök: VÁSÁRHELYI TAMÁS.

Az előadórés központi témája az 1999. augusztusában történt napfogyatkozásnak az állatvilágra gyakorolt hatása volt.

1. SZENTKIRÁLYI FERENC: *Bevezetés.* A környezet fizikai (meteorológiai) felméréséről meg tudhattuk, hogy elsősorban a napsugárzás mennyiségét, a fény polarizációs mintázatát és az időjárási helyzetet vizsgálták a napfogyatkozás során. A rovarokkal kapcsolatos vizsgálatok főleg az aktivitás megfigyelésre, fénycsapdázásra és méhészeti megfigyelésekre terjedtek ki.

2. *A környezet fizikai változásai a napfogyatkozás alatt:* elsőként TÓTH ZOLTÁN szólt a napsugárzás változásainak méréséről, amely kiterjedt a napspektrum változásaira, az UV-sugárzásra, a különböző hullámhosszok intenzitásának változásaira. HORVÁTH GÁBOR az égbolt polarizációs változásainak vizsgálatáról elmondta, hogy ez a tényező például a rovarok tájékozódásában betöltött fontos szerepe miatt volt vizsgálandó. WEIDINGER TAMÁS és PÁSZTOR KRISZTINA előadásában az időjárási helyzetről és a meteorológiai elemek változásairól hallhattunk.

3. *Az állatok aktivitásában, viselkedésében észlelt változások a napfogyatkozás alatt:*

SZENTKIRÁLYI FERENC, SZABÓKY CSABA, SCHMERA DÉNES, KÁDÁR FERENC: *A rovarok repülési aktivitási mintázatának változásai fénycsapdázások alapján.* A mérési-csapdázási módszerek ismeretete után a két területen (egy maroslelei rét illetve egy bakonyi erdő) felvett eredmények bemutatása következett.

SZÖVÉNYI GERGELY, SZENTKIRÁLYI FERENC, NAGY BARNABÁS: *Egyenesszárnnyúak és egyéb nappali rovarok aktivitásának változásai.* NAGY BARNABÁS Fülöpházán végzett megfigyelései szerint nem volt lényeges változás az állatok viselkedésében.

SZENTKIRÁLYI FERENC, SZALAY LÁSZLÓ: *A méhek viselkedésének és gyűjtési aktivitásának változásai.* A nyolc különböző helyen végzett megfigyelések alapján a méhek kaptárból való kirepülése körülbelül 10 perccel a napfogyatkozás előtt lecsökkent, a berepülések pedig elérték a maximumot. A napfogyatkozás után ezek a paraméterek visszaálltak az eredeti szintre. Az esemény előtt és alatt ezen kívül zavarodottság, a munka beszüntetése volt észlelhető.

BALDAVÁRI LÁSZLÓ: *Napfogyatkozás egy méhészeten.* A Pestlőrincen tevékenykedő, 200 család vándorméhész szakember videofilmjének megtekintése. A felvételekhez elhangzott kísérőszövegből megtudhattuk, hogy a napfogyatkozás során sok háziméh elpusztult, az eltévedés és a tartaléktápanyagok azzal járó kimerülése következtében.

CSÖRGŐ TIBOR: *Madarak viselkedésének és repülési aktivitásának változásai.* A madarak napi aktivitásában megfigyeltek között a legszembetűnőbb jelenség az volt, hogy az éjjel vonuló madarak mozogni kezdtek.

#### 905. előadórés, 2000. szeptember 6-án

Elnök: VÁSÁRHELYI TAMÁS.

1. LOVAS BÉLA: *Néhány videójelenet egy Lucilia sp. és egy Sarcophaga sp. viselkedéséről.* A bemutatott filmen saját készítésű eszközök segítségével figyelhattuk meg a címben szereplő légyfajok képviselőinek mozgásának elemeit. BERNÁTH BALÁZS a legyek befogásának eszközei iránt érdeklő-

dött, amelyet az Előadó részletesen bemutatott. MÓCZÁR LÁSZLÓ a DDT hatásairól mesélt, a film kísértőszövegeként elhangzottakhoz csatlakozva.

2. KOVÁCS TIBOR: *Kis-balatoni békapopulációk klaszterezése a poloskatáplálék alapján*. Bevezetésként a Kis-balatoni kutatások háttéréről, jelen kutatás kereteiről hallhattunk. Ezt követte a poloskafajok funkcionális csoportosítása vízben élő, nedvességedvelő, szárazföldi, illetve szárazságtűrő kategóriák felállításával. Vertikális elterjedésük alapján meg lehetett különböztetni felszínen mozgó, talajon és lágyszárúakon mozgó, csak lágyszárúakon mozgó és lomboszatban mozgó fajokat. A vertikális eloszlás a nedvességigénynél nagyobb mértékben „húzta szét” a cluster-eket. Az azonosított poloskák (76 faj 821 egyede) összességében a táplálék kb. 10%-át tették ki. A poloskafauna 6 domináns faja (3 bodobács, 2 molnárfaj, 1 csíkpoloska faj) közel 50%-ban volt jelen a táplálékban. A vizsgálatok eredményeiből az a következtetés volt levonható, hogy a poloskatáplálék fajösszetétele alapvetően előhely-determinált. SZÖVÉNYI GERGELY az iránt érdeklődött, hogy voltak-e és ha igen, milyen arányban, riasztó váladékot termelő fajok. A határozást végző KONDOROSSY ELŐD válasza szerint a legnagyobb példányszámban talált faj például ilyen tulajdonságú. Az Előadó kiegészítése szerint egyéb riasztó anyagokat termelő ízeltlábúak, például vaspondrók, méhek, darazsak is táplálékkul szolgálhatnak a békák számára. HORNUNG ERZSÉBET azt kérdezte, hogy amennyiben ugyanaz a faj különböző helyeken táplálkozott, az elfogyasztott poloskafajok mérete hasonló volt-e? Igen, általában az 5-7 mm-es mérettartományba eső fajok domináltak. MAJER JÓZSEF felvetette, hogy ha csak a „jó megtartású” fajok voltak felismerhetőek, sok Diptera-család amely nem ilyen tulajdonságú, elveszhetett a mintákból. KOVÁCS TIBOR szerint lágyan kitinizált állatok is kimoshatók az adott módszerrel. NAGY PÉTER azt kérdezte, hogy tekintettel a békák tág táplálékspektrumára, mennyire volt releváns pont a poloskafajok szerepét vizsgálni. Az Előadó válaszában elmondta, hogy egyelőre ezt az anyagot tudták a megfelelő szakemberrel feldolgoztatni. MAJOROS GÁBOR az iránt érdeklődött, hogy mennyire lehetett eseti a táplálékválasztás, nem afféle „tanato-cönózis”-ok felvétele történt-e? KOVÁCS TIBOR szerint az öt év során gyűjtött adatok valószínűleg elég robusztusak, főleg mert a békák vitális zsákmányállatokat fogyasztanak.

3. HETTYEI ATTILA: *Kételtűek szaporodásának fenológiai vizsgálata*. A vizsgálat során az alábbi paraméterek kaptak szerepet: petecsomók és a napfénytartam, napsugárzás összefüggései, kételtűek jelenléte és abundanciája, valamint a vízi- és part menti növényzet sűrűségének összefüggései, predátorok frekvenciájának és a kételtűek frekvenciájának összehasonlítása. KOVÁCS TIBOR kiegészítést tett a predátoroknak a kételtűfauna faji összetételére gyakorolt hatására vonatkozóan. MAJOROS GÁBOR felvetette, hogy egy szimpla korreláció nem mindig bizonyít oksági viszonyokat és egy egyszerű kapcsolat mögött lehetnek más faktorok is. JUHÁSZ LAJOS fentiekhez csatlakozva arra hívta fel a figyelmet, hogy például az UV sugárzás károsítja és nem serkenti a békapetéik fejlődését, legfeljebb a hőmérséklet emelkedése révén képzelhető el pozitív összefüggés a két tényező között. NAGY BARNABÁS azt kérdezte, hogy a szárazabb évek nem zavarják-e kételtűek szaporodását. Előadó szerint feltétlenül lehet ilyen hatással számolni, főleg azoknál a fajoknál, amelyekre jellemző a helyhűség.

## A hazai felsőoktatási intézményekben, a zoológia szakterületén készített doktori (Ph.D.) disszertációk és szakdolgozatok jegyzéke

2000.

### Berzsényi Dániel Tanárképző Főiskola, Állattani Tanszék

9700 Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4. Tel: 94 313 892

#### Szakdolgozatok

CZIGÁNY B. (2000): Nappali lepkék diverzitásának változása térben és időben egy göcseji kistelepülésen. pp. 63.

EICHARDT J. (2000): Adatok a pokoli cselőpók (*Lycosa vultuosa* Koch, 1838) biológiájához. pp. 59.

ELÖHÁZI M. (2000): A fülemülesitke (*A. melanopogon*) vonulásdinamikája. pp. 39.

GYIMÓTHY Zs. (2000): Összehasonlító madárvonulás-dinamikai vizsgálatok, Tömörd. pp. 49.

GYÖRKE R. (2000): Az őrsei gímszarvasállomány mennyiségi és minőségi változása az elmúlt 25 évben. pp. 48.

JAKAB L. (2000): A feketefenyő (*Pinus nigra*) kéreglakó pókjainak és potenciális zsákmányállatainak felmérése. pp. 30.

MÖRK Gy. (2000): A barátposzáta (*Sylvia atricapilla*) vonulási dinamikája, szárnymorfológiája és zsírraktározása kor, illetve ivar szerint. pp. 51.

TÖKÉSI N. (2000): A Rupp-hegy növénytakaró sokfélesége és a fauna összefüggése. pp. 36.

### Eötvös Loránd Tudományegyetem, Etológia Tanszék

2131 Göd, Jávorka Sándor u. 14. T.: 27 345 311

#### Szakdolgozatok

CHERITAH L. (2000): A kisnyulak szagtanulását befolyásoló tényezők.

KÁRPÁTI K. (2000): Házinyúl szoptatási viselkedésének vizsgálata.

LENDVAI Á. Z. (2000): A begycsik és a begytollak szerepe a széki lile párválasztásában.

VIRÁNYI Zs. (2000): Családi kutyák és gyerekek tudatelméleti képességeinek vizsgálata.

### Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék

1088 Budapest, Puskin u. 3. Tel.: 1 2670 820 / 2202

#### Szakdolgozatok:

SZIGETHY Á. (2000): A Vén-Duna ökológiai rehabilitációjának eredményei a makroszkopikus gerinctelen fauna tükrében.

BATÁRY P. (2000): Szegélyhatás vizsgálata nem erdei élőhelyen: áttekintés és esettanulmányok.

LASETZKY F. (2000): A pettyes gőtek (*Triturus vulgaris*) párválasztási preferenciái.

HETTYEI A. (2000): Hét kétélűtűfaj szaporodásbiológiai- és élőhelyvizsgálata a Viscgrádi-hegység területén.

ROSIVALLI B. (2000): A szülői gondoskodás allokációja örvös légykapónál (*Ficedula albicollis*).

*Doktori (Ph.D.) disszertációk:*

- GYURÁCSZ J. (2000): A foltos nádiposzáta őszi vonulásdinamikája, szárnymorfológiája és zsírraktározása.  
KRISKA GY. (2000): Néhány vízirovar életmenet stratégia alapjai.  
SPECZIÁR A. (2000): A makrobenthosz területi megoszlása, időbeni változásai és haltáplálkozásbeli szerepe a Balatonban, különös tekintettel a Chironomidae lárvákra.  
ÚJVÁRI B. (2000): A rákosréti vípera (*Vipera ursinii rakosiensis*) természetvédelmi kutatása.

**Eszterházy Károly Főiskola, Környezettudományi Tanszék**

3300 Eger, Leányka u. 6. Tel.: (36) 520-400/4167, 4168

*Szakdolgozat:*

- VADNAY R. (2000): A földikutya (*Spalax leucodon* NORD.) helyzete Magyarországon. pp. 52.

**Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen, Ökológiai Tanszék**

4032 Debrecen, Egyetem tér 1. Tel.: 52 512 900 / 2602

*Szakdolgozatok:*

- CSÉPÁNYI A. (2000): Az *Adrius hungaricus* gubacsdarázs lárvasúlya és gubacsúsúlya közötti összefüggés vizsgálata. pp. 38.  
KENYERES A. (2000): Az életkor szerepe a partifecskek telepesezésében. pp. 46.  
KOVÁCS A. (2000): Fokozottan védett ragadozó madarak élőhely-értékelésének lehetősége a költési sikerre vonatkozó adatok alapján - parlagi sas *Aquila heliaca* Savigny, 1809 - esettanulmány. pp. 65.  
PECHMANN I. (2000): Csipőszúnyog közösségek vizsgálata a Felső-Tisza mentén. pp. 43.  
PETRUSKA I. (2000): Nedves alföldi gyepek Orthoptera együtteseinek összehasonlító vizsgálata. pp. 29.  
PUZSÁR M. (2000): Táplálékkereső házimehek és poszméhek virágelutasítása fajkononok vagy más házimehek illetve poszméhek látogatása után. pp. 23.  
SÁPI G. (2000): Eltérő vízellátottságú gyepek Coleoptera faunájának összehasonlító vizsgálata. pp. 41.  
SZENTPÉTERI J. L. (2000): A kakukk (*Coccyus canorus*) költésparazitizmusának vizsgálata a nádírgónál (*Acrocephalus arundinaceus*). pp. 52.  
SZILÁGYI K. (2000): A partifecske fiókabetéti intenzitásának vizsgálata videóadatok alapján. pp. 39.

*TDK dolgozatok:*

- MOLNÁR P. (2000): Alpesi götte (*Triturus alpestris* Laurenti, 1768) populációk vizsgálata mátrai vizes élőhelyeken. pp. 26.  
TAKÁCS P. (2000): Halfaunisztikai és Ökológiai kutatások a Keleti- és Nyugati-Főcsatorna eltérő vízhozamú szakaszain. pp. 30.

**Szent István Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszék**

2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1. Tel.: 28 522 085

*Diplomadolgozatok*

- ERDEY M. (2000): Macrobenthic trophic structure and species interactions within a future marine protected area (Belgian Coastal Banks). pp. 159.  
FODOR L. (2000): A biodiverzitás-monitorozás helyzete Európában. Külföldi kitekintés. pp. 82.  
VÖRÖS I. (2000): Krajnai fajta vizsgálata méhaanyanevelő telepeken. pp. 36.

**Szent István Egyetem, Ökológiai Tanszék**  
1077 Budapest, Rottenbiller u. 50. Tel.: 1 4784 233

*Szakkolgozatok:*

- CSABA Zs. (2000): Szigetközi Isopoda populációk faunisztikai és ökológiai vizsgálata. pp. 36.
- HORVÁTH M. (2000): A parlági sas (*Aquila heliaca*) fészkelőhely-választása Északkelet-Magyarországon. pp. 46.
- KRESZIVNIK V. (2000): A Kékes Észak erdőrezervátum páncélosatka (Oribatida) faunájának taxonómiai és ökológiai vizsgálata. pp. 53.
- SÁNDOR T. (2000): A Szigetköz vizes élőhelyeinek monitorozási lehetőségei a Cladocera és Copepoda fauna elemzése alapján. pp. 43.
- TAKÁCSNÉ MAGI Zs. (2000): Bélsárból történő szteroid hormon meghatározás állatkerti állatoknál. pp. 54.
- TORDA G. (2000): A torokfolt mérete és a dominancia rang közötti kapcsolat vizsgálata fogságban tartott mezei veréb (*Passer montanus*) csapatokban. pp. 42.
- VÖRÖS J. (2000): Magyarországi unkafajok (*Bombina* spp.) összehasonlító morfológiai vizsgálata. pp. 38.

**Szent István Egyetem, Vadbiológiai és Vadgazdálkodási Tanszék**  
2103 Gödöllő, Péter Károly u. 1. Tel.: 28 522 086

*Diplomadolgozatok*

- BOROS, Z. (2000): Trófeajellemzők és a nemzetközi pontszám közötti összefüggés gímszarvasnál. pp. 27.
- FAZEKAS, E. (2000): Az erdészeti és vadászati tevékenységek zavaró hatása a gímszarvasra. pp. 49.
- MÁRFI, J. (2000): A gímszarvas trófeaminőségének változása Zala megyében. pp. 42.
- PALLER, A. (2000): A lábodi gímszarvasbikák kondícióváltozása a bögési időszak alatt 1996-1997. pp. 49.
- PECZE, B. (2000): A muflonok hatása a vegetációra és a talajra a Dél-Börzsönyben. pp. 43.

**Veszprémi Egyetem, Állattani Tanszék**  
8201 Veszprém, Pf. 158. Tel.: 88 422 022 / 4436

*Szakkolgozatok:*

- BARANYI H. (2000): Neurotoxikus vagy neuroprotektív hatások kimutatására alkalmas tesztek. pp. 69.
- KOVÁCS K. (2000): Fluktuáló aszimmetria mérése korai denevéreken. pp. 50.



## ÚTMUTATÓ A SZERZŐK RÉSZÉRE

Az Állattani Közlemények célja az állattan szakterületeivel kapcsolatos hazai és a nemzetközi természettudományos eredmények bemutatása az állattani tudományok magyar nyelven történő művelésének fenntartása és fejlesztése érdekében.

Az Állattani Közleményekben tudományterületi áttekintések (review), közlemények és rövid közlemények, valamint könyvismertetések, illetve a szakterületen dolgozók tájékoztatását szolgáló információs anyagok jelennek meg. Tudományterületi áttekintések írására a szerkesztőbizottság esetenként kér fel szerzőt.

A folyóirat elsősorban olyan eredeti (máshol még nem publikált) dolgozatokat közöl, melyek anyagai az Állattani Szakosztály ülésein elhangzottak. A szerkesztőbizottság döntése alapján anyagok előadás nélkül is megjelenhetnek.

### *A kéziratok tagolása*

**Cím és szerző(k).** A cím legyen rövid, lényegre törő. A szerző(k) neve alatt pontos postai és e-mail címe is szerepeljen. Kérjük, tüntesse fel, hogy a közlemény anyaga az Állattani Szakosztály melyik ülésén hangzott el.

**Összefoglalás.** A legfontosabb eredmények bemutatása, legfeljebb 200 szóban. Az összefoglalásban nem szerepelhetnek irodalmi hivatkozások.

**Kulcsszavak.** Legfeljebb öt szó vagy kifejezés.

**Bevezetés.** A témához tartozó legfontosabb publikációk eredményeinek áttekintése annak megjelölésével, hogy milyen új tudományos kérdés(ek) megválaszolását tűzi ki célul.

**Módszerek.** A dolgozatban alkalmazott eljárások leírása olyan módon, hogy az elegendő információt tartalmazzon egy zoológus számára a közleményben leírtak megismétléséhez.

**Eredmények.** A kapott eredmények világos és lényegre törő leírása. Eredményeit táblázatban vagy grafikonon közölje aszerint, hogy melyik megjelenítési mód informatívabb az eredmények dokumentálása és megértése szempontjából. Alapadatok terjedelmes közlése nem javasolt, amennyiben nem ez a cél, illetve ha grafikus feldolgozásuk is szerepel a dolgozatban.

**Értékelés.** A célkitűzésekben megfogalmazott kérdésekre adott válaszok a saját és a szakirodalmi eredmények tükrében. Világosan derüljön ki, hogy milyen új tudományos megállapításokat tartalmaz a dolgozat.

**Köszönetnyilvánítás.** Legfeljebb 10 sor hosszúságú lehet.

**Irodalom.** A dolgozatban hivatkozott irodalmakat szoros ábécérendben, ezen belül időrendben, sorszámozás nélkül az alábbiakban következő minták szerint kérjük közölni.

**Idegen nyelvű cím és összefoglaló.** Legfeljebb 20 sorban foglalja össze a legfontosabb eredményeket. Elsősorban angol nyelvű összefoglalókat várunk. Ezek nyelvi lektoráltatása a szerző feladata. Egy közleményhez csupán egy idegen nyelven csatolható összefoglaló.

**Futó fejléc.** Kérjük, adjon 5-6 szóból álló rövidített címre javaslatot a futó fejlécéhez.

A rövid közlemények tagolása a következő: cím, rövid összefoglalás, a munka leírása a közlemények tagolásának megfelelően (de a fejezetek címeinek kiírása nélkül), irodalom. A rövid közlemény teljes hosszúsága nem haladhatja meg a 6 gépelt oldalt.

### *Az irodalomjegyzék összeállítása és a hivatkozások módjai*

*Folyóiratban megjelent közlemény:*

FÁBIÁN GY. (1938a): Rendszertani tanulmány a Haplothrips genusról (Thysanoptera). – *Folia Ent. Hung.* 4: 7–36.

FÁBIÁN GY. (1938b): Rojtos szárnyú rovarok Kőszeg vidékéről. – *Vasi Szemle* 5: 346–349. (A Kőszegi Múzeum Közleményei [Publ. Mus. Ginsiensis] 1: 1–4.)

SEY O. (1979): Life cycle and geographical distribution of *Paramphistomum daubneyi* Dinnik, 1962 (Trematoda: Paramphistomata). – *Acta Vet. Acad. Sci. Hung.* 27: 115–130.

VÁNGEL J. (1905a): Adatok Magyarország rovarfaunájához. I. Odonata. Szitakötők. – *Rovartani Lapok* 12: 12–14.

JENSER G., MESZLENY A. & SZALAY-MARZSÓ L. (1980): Study on the flight activity of aphid vectors of plum pox virus. – *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.* 15: 397–401.

*Könyv, könyvrészlet:*

MÓCZÁR L. (1969): Állathatározó I–II. – Tankönyvkiadó, Budapest.

BENEDEK P (1967): Poloskák VII. Heteroptera VII. (In: Magyarország Állatvilága 17/7 pp. 86). – Akadémiai Kiadó, Budapest.

LOKSA I. (1988): Ikerszelvényesek - Diplopoda. – In: JERMY T. & BALÁZS K. (szerk.). A növényvédelmi állattan kézikönyve 1. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 183–187.

WILSON E. O. & WILLIS E. O. (1975): Applied biogeography. – In: CODY M. L. & DIAMOND J. M. (eds.). *Ecology and evolution of communities*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 523–534.

*Egyéb helyen megjelent dolgozat, számítógépes program:*

CZÓGLER K. (1927): A szegedvidéki kagylók. Faunabiológiai tanulmány. – Szegedi Áll. Baross Gábor Reáliskola 1926–27. évi értesítője, pp. 3–29.

CZÓGLER K. (1951): Életrajzi és irodalmi munkásság jegyzéke. – Kézirat.

KESSELYÁK A. (1946): A Tisza természettudományi monográfiájának tervezete. – Az Alföldi Tudományos Intézet Évkönyve, Szeged, pp. 309–320.

STUMPF I. (1981): Vízi csigákból származó trematoda-cerkáriák fénymikroszkópos vizsgálata. – Doktori értekezés. JATE, Szeged.

VITUKI (1978): Tisza 1. Vízrajzi atlasz. – Vízgazdálkodási Tud. Kutató Központ, Budapest.

STATSOFT Inc. (1995): STATISTICA for Windows (Program manual), Tulsa.

A szöveg közben TÓTH (1998), illetve TÓTH (1998, 1999), kettőnél több szerző esetén TÓTH et al. (1999), illetve (TÓTH & SZABÓ 1998, TÓTH et al. 1999) formában kell hivatkozni. Ha ugyanazon szerzők egyazon évben megjelent cikkére hivatkoznak, akkor az „a, b, c” stb. betűkkel különböztesse meg azokat, például: TÓTH (1998a), TÓTH (1998b,c,d). A „nyomatás alatt” kifejezés csak elfogadott kéziratok esetében használható.

### *A kéziratok benyújtásának módja*

A kéziratot két példányban nyomtatva, valamint IBM-kompatibilis lemezen (floppy disc) mindenféle szerkesztés (sorkizárás, vastagítás, aláhúzás, tabulátorjelek, címsorszámozás stb.) nélkül kérjük beküldeni. Kizárólag a faj és genus tudományos elnevezéseket kell dőlt (kurzív) betűvel, illetve a szövegben, irodalomjegyzékben bárhol előforduló személynéveket kell „kiskapitális – small caps” betűvel írni. Bonyolult szerkesztési megoldásokat ne alkalmazzon. A nyomtatott, valamint az elektronikus formában beküldött anyagnak teljesen egyezőnek kell lennie. A lemezen külön könyvtárba (file) mentse a szöveget, az ábrákat és a táblázatokat, valamint azok címeit. Lehetőség szerint a Microsoft Word és Microsoft Excel programokat használja. Tüntesse fel a használt program verziószámát is.

Kérjük, hogy a kéziratot fogalmazza lényegre törően, világos magyar nyelven. A nyelvhelyeséget ellenőrizze a számítógépes programmal is. A tudományos neveket, idegen szavakat, személyek neveit ne ragozza. A nyomtatott példányokat Times New Roman betűtípussal, 12-es betűnagysággal,



kettes sorközzel, oldalanként 25 sorral gépelve, legalább 3 cm széles margókkal küldje el a szerkesztőnek. Az ábrák és táblázatok 2 másolt példányán kívül mellékelje azok nyomdai munkákhoz felhasználható eredeti példányait is. A közlemény teljes terjedelme nem haladhatja meg a 20 oldalt.

Az ábrák (térkép, habituskép, grafikon, fotó) és táblázatok maximális mérete 13x18,5 cm lehet. Teljes méretű, feles vagy negyedes nagyságú ábrákat és táblázatokat fogadunk el. Az ábrák, táblázatok legyenek egyszerűek, áttekinthetőek, nyomdai sokszorosításra alkalmas minőségűek, amelyeket keretezni nem kell, háttérmintázatokat ne alkalmazzon. A táblázatokat úgy készítse el, hogy azokban csak vízszintes vonalak szerepeljenek. A táblázatokat és ábrákat olyan formában kérjük lemezen küldeni, hogy a megfelelő program használatával azok szükség esetén módosíthatók (méret, tagolás, minták, feliratok), tehát ne csupán olvashatóak legyenek. A táblázatokat, ábrákat „scannelt” formában nem kérjük. Az ábrákon ne szerepeltesse azok címét, kizárólag olyan jelöléseket alkalmazzon, amelyek szabványbetűkkel készültek. Amennyiben az ábrát, táblázatot különleges okok miatt a megadott méretre nem tudja elkészíteni, akkor figyeljen arra, hogy olyan méretű betűket, jeleket alkalmazzon, melyek a kicsinyítést követően még jól olvashatóak (minimum 8 pontos) lesznek.

A nyomtatott példányban a szöveg után következzenek a táblázatok és ábrák külön lapokon. Adja meg az összes ábra és táblázat aláírását együtt egy külön lapon. Az ábrák és táblázatok címeit (a jelmagyarázattal együtt) az összefoglalónak megfelelő idegen nyelven is készítse el. Az ábrákban és táblázatokban azonban csak magyar nyelvű feliratok legyenek. A táblázatokat és ábrákat ne illessze a szövegbe. Mindegyik ábra és táblázat nyomtatott változatának hátoldalára ceruzával írja fel annak sorszámát. Fénykép fekete-fehérben történő közlésére csak indokolt esetben van lehetőség, ehhez kitűnő minőségű fekete-fehér vagy színes fényképet kérünk. A mértékegységeket az SI-rendszer szerint kell alkalmazni. Nyelvhelyesség tekintetében A magyar helyesírás szabályai című könyv legutolsók kiadása az irányadó.

#### ***A bírálat rendszere***

A beérkezett kéziratokat két lektor bírálja el. A megjelenésről a lektori vélemények alapján a szerkesztőbizottság dönt. Az el nem fogadott kéziratokat a szerzőnek visszaküldjük. Az elfogadott, de módosításokat kívánó kéziratokat és a számítógépes lemezt javításra, a lektorok és a technikai szerkesztő véleményével együtt, átdolgozásra visszaküldjük a szerzőnek.

#### ***A javítást igénylő kéziratok átdolgozása***

Az átdolgozott, javított, végleges kéziratokat egy példányban nyomtatva, valamint lemezen – a korábbiakban már megadott szempontoknak megfelelően kérjük beküldeni.

#### ***Egyebek***

Nyomtatás előtt korrekktúrára küldjük vissza a szerkesztett kéziratot az első szerzőnek. Ekkor már csupán apró javításokra van lehetőség. Több, egész mondatot, ábrát vagy táblázatot érintő változtatást csak a szerző költségére tudunk elvégezni. A szerkesztőnek jogában áll a kéziratban változtatásokat végezni. A kéziratokat a dolgozat megjelenéséig, a lektori véleményeket pedig a dolgozat megjelenése után egy évig őrizzük meg. A szerző (több szerző esetén az első szerző) részére 30 különnyomatot küldünk. A kézirat szerkesztésével kapcsolatban a technikai szerkesztőhöz, egyéb kérdésekben a szerkesztőhöz fordulhat felvilágosításért.

Szerkesztő: dr. Bakonyi Gábor  
Technikai szerkesztő: dr. Kiss István

Szent István Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszék - H-2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.  
Telefon: (28) 522 085, Fax: (28) 410 804 . E-mail: bakonyi@fau.gau.hu / istkiss@fau.gau.hu

Nyomdakészre szerkesztette

DR. KISS ISTVÁN

Szent István Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszék, H-2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Nyomdai munkálatok

KISVÁROSI KERESKEDELMI ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

H-1141 Budapest, Gödöllői u. 42.

Megjelent

B/5 méretben, 150 példányban

2002. március

## Contents

VÁSÁRHELYI TAMÁS: Presidential greetings on the occasion of the 900 <sup>th</sup> session of the Zoological Society .....	3
HALMÁGYI LEVENTE: In memoriam László Szalay-Marzsó.....	7
<i>Review:</i>	
GYÖRGY KRISKA: Polarotaxis of insects .....	17
<i>Original papers:</i>	
GYÖRGY KRISKA & SÁNDOR ANDRIKOVICS: Water detection of mayflies. Why do mayflies lay their eggs en masse on dry asphalt roads? .....	29
BALÁZS BERNÁTH & GYÖRGY KRISKA: Investigating the polarotaxis of aquatic insects at the waste-oil lake in Budapest.....	43
MÁRK SÁRVÁRY, GÁBOR BAKONYI & VIC. P. CLAASSEN: Feeding preferences of the oribatid mite <i>Hemileius initialis</i> (Acari: Oribatida) on saprophytic and mycorrhizal fungi .....	53
KRISZTIÁN SZABÓ, ANDRÁS LIKER & ZOLTÁN KORSÓS: Comparison of two dice snake ( <i>Natrix tessellata</i> ) populations: an example for measuring fluctuating asymmetry .....	59
GÉZA RIPKA, GÁBOR PRINCZINGER, IBOLYA HATALA ZSELLÉR, TAMÁS HEGYI, BÉLA TÓTH, LÁSZLÓ VASAS & GÉZA VÖRÖS: Results of the monitoring of Western Corn Rootworm ( <i>Diabrotica virgifera virgifera</i> LeConte, 1868) (Coleoptera: Chrysomelidae) in Hungary .....	69
MERCEDES ERDEY, ISTVÁN KISS & JERRIS FOOTE: The effect of beach nourishment on the nesting succes of loggerhead sea turtle, <i>Caretta caretta</i> .....	79
ANDRÁS SPECZIÁR & PÉTER BÍRÓ: Spatial distribution and short-term changes of the benthic chironomid fauna in Lake Balaton during 1995 and 1998 .....	93
VIRÁG KERTESZ & JÓZSEF KOVÁCS: The effects of PAH compounds on the embryogenesis of the mallard .....	109
 PÉTER NAGY: Activity of the Zoological Society (from 06. October 1999 till 06. September 2000) .....	125
List of the Ph.D. dissertations and thesis works related to zoology written in the year of 2000.....	133
 <i>Guide to the Authors</i> .....	137

## Tartalom

VÁSÁRHELYI TAMÁS: Elnöki köszöntő az Állattani Szakosztály 900. ülése elé.....	3
HALMÁGYI LEVENTE: Szalay-Marzsó László emlékezete .....	7
<i>Tudományterületi áttekintés:</i>	
KRISKA GYÖRGY: Polarotaxis a rovarvilágban.....	17
<i>Tudományos közlemények:</i>	
KRISKA GYÖRGY és ANDRIKOVICS SÁNDOR: A kérészek vízdetektálási viselkedése, avagy miért petéznek a kérészek száraz aszfaltutakra?.....	29
BERNÁTH BALÁZS és KRISKA GYÖRGY: Vízi rovarok polarotaxisának vizsgálata a budapesti pakuratonál .....	43
SÁRVÁRY MÁRK, BAKONYI GÁBOR és VIC. P. CLAASSEN: A <i>Hemileius initialis</i> (Acari: Oribatida) táplálékváltása szaprofita és endomikorrhiza gombafajok jelenlétében.....	53
SZABÓ KRISZTIÁN, LIKER ANDRÁS és KORSÓS ZOLTÁN: A fluktuáló aszimmetria vizsgálata két magyarországi kockás síkló ( <i>Natrix tessellata</i> ) populációban.....	59
RIPKA GÉZA, PRINCZINGER GÁBOR, HATALANE ZSÉLÉR IBOLYA, HEGYI TAMÁS, TÓTH BÉLA, VASAS LÁSZLÓ és VÖRÖS GÉZA: Az amerikai kukoricabogár ( <i>Diabrotica virgifera virgifera</i> LeConte, 1968) (Coleoptera: Chrysomelidae) felderítésével kapcsolatos hazai vizsgálatok eredményei ...	69
ERDEY MERCEDES, KISS ISTVÁN és JERRIS FOOTIE: A tengerpart feltöltésének hatása az áleserepesteknős ( <i>Caretta caretta</i> ) fészkelési sikerére .....	79
SPECZIÁR ANDRÁS és BÍRÓ PÉTER: Az üledéklakó árvaszúnyog (Diptera, Chironomidae) fauna területi megoszlása és rövid távú változásai a Balatonban 1995 és 1998 között .....	93
KERTÉSZ VIRÁG és KOVÁCS JÓZSEF: PAH vegyületek hatása a tökéscréce fejlődésére.....	109
 NAGY PÉTER: Az Állattani Szakosztály ülései (1999. október 6. – 2000. szeptember 6.).....	125
A hazai felsőoktatási intézményekben, a zoológia szakterületén 2000. évben készített doktori (Ph.D.) disszertációk és szakdolgozatok jegyzéke.....	133
<i>Útmutató a szerzők részére</i> .....	137